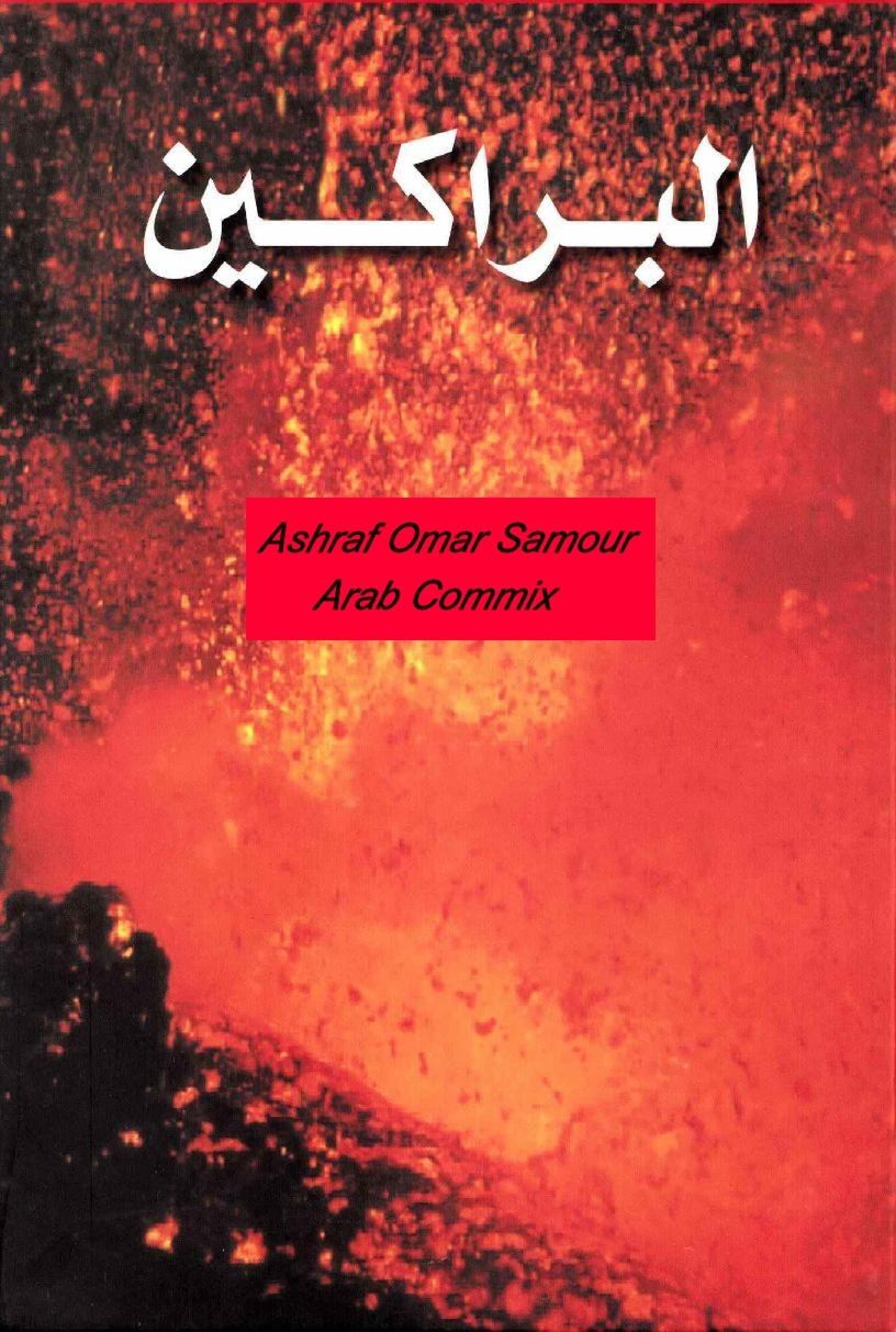
مشاهـدات علميـة

البراكين



Ashraf Omar Samour

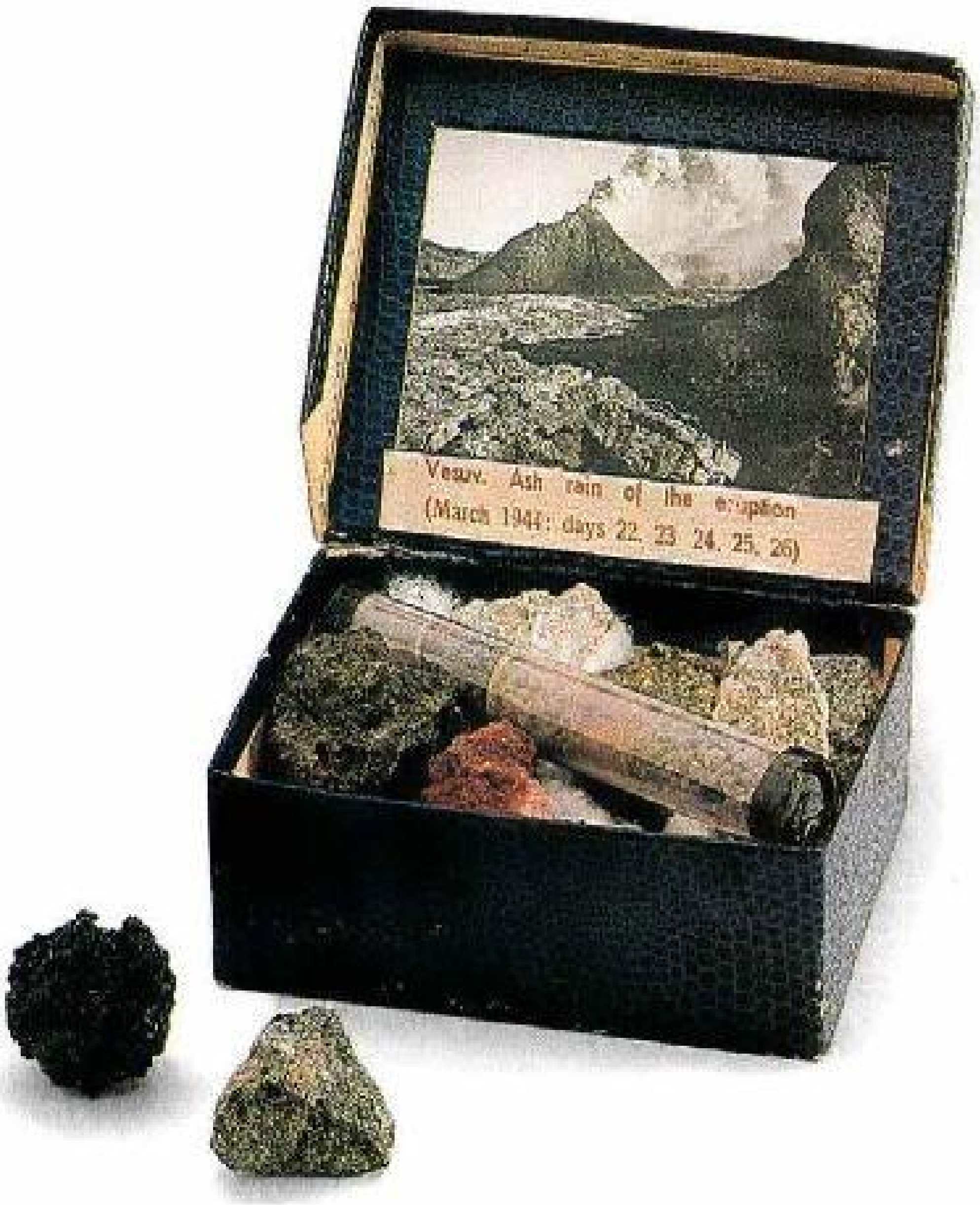
Arab Commix

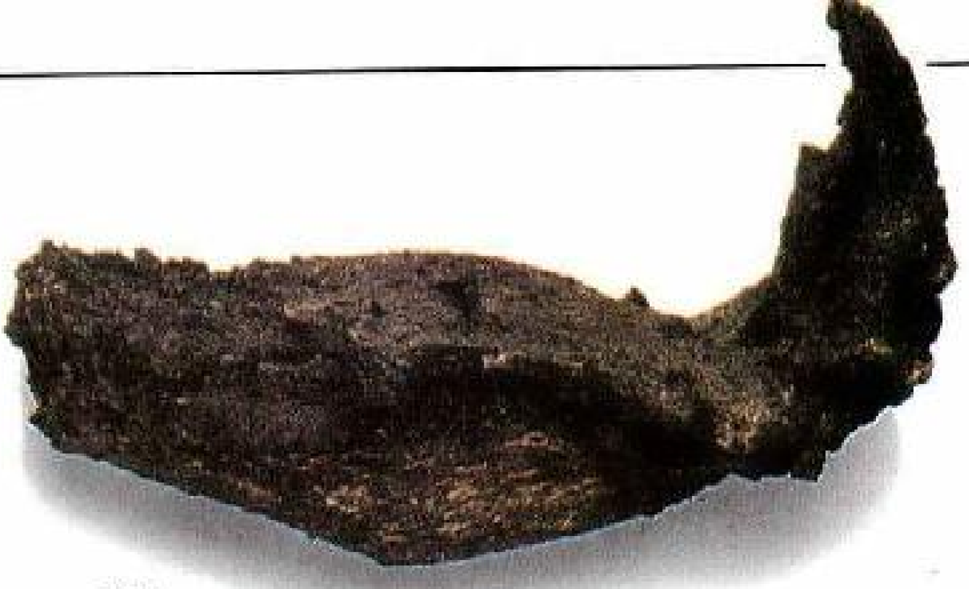
مشاهدات علمية

البراكين

مشاهدات علمية

البراكين





قنبلة حمم

جمجمة من هيركولانيوم

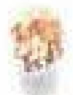
سيزموجراف طراز جراى ـ ميلن، 1885

كبريت

خبز مكربن
من بومباى

زبرجد
مقطوع

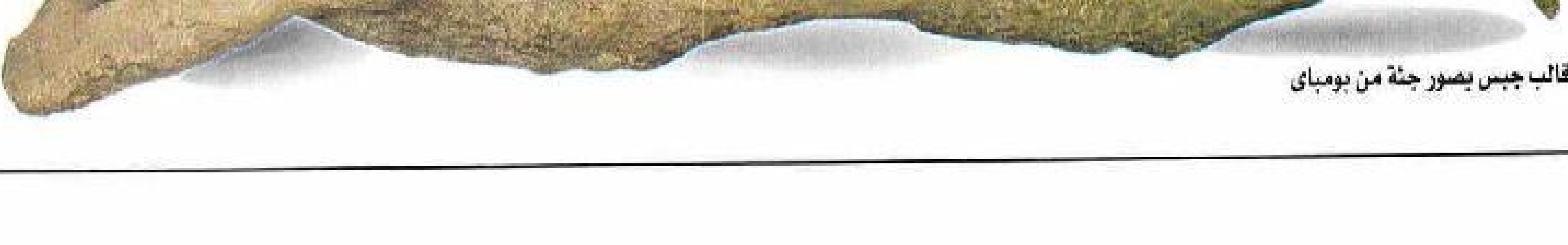
حجر كريم من نوعية
الزبرجد الزيتونى



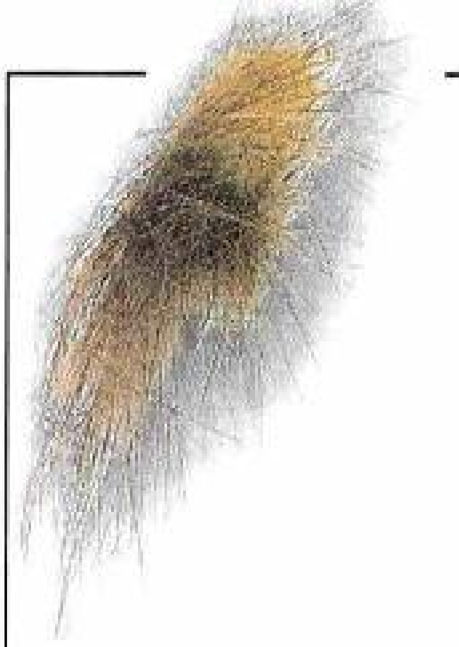
ألماس مقطوع وغير مقطوع

بيض محفوظ
من بومباى

عين جمل مكربن
من بومباى



قالب جبس يصور جثة من بومباى



شعر بيليه

المسبار الفضائى
فويجر ١

مشاهدات علمية

البراكين

تأليف: سوزانا ڤان روز

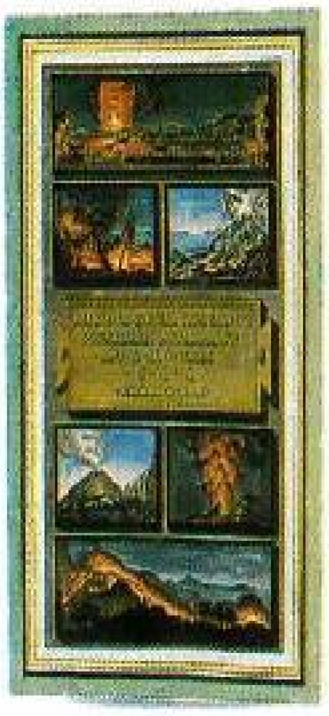
زجاجة منصهرة من انفجار
بركان جبل بيليه

زجاجة عطر منصهرة من
انفجار بركان جبل بيليه

راصد الزلازل الذى
اخترعه زانج هنج

نهضة مصر
للطباعة والنشر والتوزيع

شوكة وساعة يد تحطمتا
فى انفجار بركان جبل بيليه



صفحة العنوان من
كتاب «الحقول الملتهبة»
(Campi Phlegraei)

سينيكا، الفيلسوف الرومانى
الذى كتب عن زلزال عام 62 بعد الميلاد

جهاز نقال
لاستخراج المعادن

اسم السلسلة: مشاهدات علمية

العنوان: البـراكيــن

تأليف: سوزانا فـان روز

ترجمة: دعاء صلاح محمد

إشراف عام: داليا محمد إبراهيم

'A Dorling Kindersley Book'
www.dk.com
Original Title :Eyewitness Guides: Volcano

Copyright © 1992, 2002 Dorling Kindersley Limited.
Published by arrangement with Dorling Kindersley Limited,
80 Strand, London WC2R0RL.

ترجمة كتاب Volcano
تصدرها شركة نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع
بترخيص من DK

يحظر طبع أو تصوير أو تخزين أى جزء من هذا الكتاب سواء النص أو الصور
بأية وسيلة من وسائل تسجيل البيانات، إلا بإذن كتابى صريح من الناشر.

تمثال زانج هنج
عالم السيزمولوجيا
(الزلازل) الصينى

صواعد
الحمم

أسسها أحمد محمد إبراهيم سنة 1938

الترقيم الدولى: 6-3928-14-977 | رقم الإيداع: 2007/15987 | الطبعة 1 : يوليو 2007

الإدارة العامة:
21 شارع أحمد عرابى - المهندسين - الجيزة
تليفون: 33466434 - 33472864 02
فاكس: 33462576 02

المركز الرئيسى:
80 المنطقة الصناعية الرابعة - مدينة 6 أكتوبر
تليفون: 38330287 - 38330289 02
فاكس: 38330296 02

مركز التوزيع:
18 شارع كامل صدقى - الفجالة - القاهرة
تليفون: 25909827 - 25908895 02
فاكس: 25903395 02

فرع الإسكندرية:
408 طريق الحرية، رشدى
تليفون: 5462090 03

فرع المنصورة:
13 شارع المستشفى الدولى التخصصى - متفرع من شارع عبد السلام عارف - مدينة السلام
تليفون: 2221866 050

Website: www.nahdetmisr.com
E-mail: publishing@nahdetmisr.com — customerservice@nahdetmisr.com

المحتويات

عقيق بنى

6
أرض غير مستقرة
8
نيران من الأسفل
10
العالم فوق الألواح
14
عندما يتفجر الجبل
16
الرماد والغبار
18
الصخور النارية
20
الغاز والبرق
22
البقاع الساخنة
24
الصدوع الممتدة
26
ثورة بركان فيزوف الهائلة
32
بومباى الحديثة : سانت بيير
34
التأثير على مناخ العالم
36
منافذ البخار والطين المغلى
38
الجمال النائم
40
الحياة تعود إلى الحمم
42
عندما تصبح عالِم براكين
44
البراكين فوق الكواكب الأخرى
46
عندما تتحرك الأرض
48
الشدة والقوة
50
الموجات التدميرية
52
قياس موجات الزلازل
56
الطين والفيضان والانهيارات الجليدية
58
حالة طوارئ
60
الاستعداد للكارثة
62
غضب الآلهة
64
هل تعلم؟
66
الخط الزمنى
68
اكتشف المزيد
70
المصطلحات
72
الكشاف

العلاج بالرمال

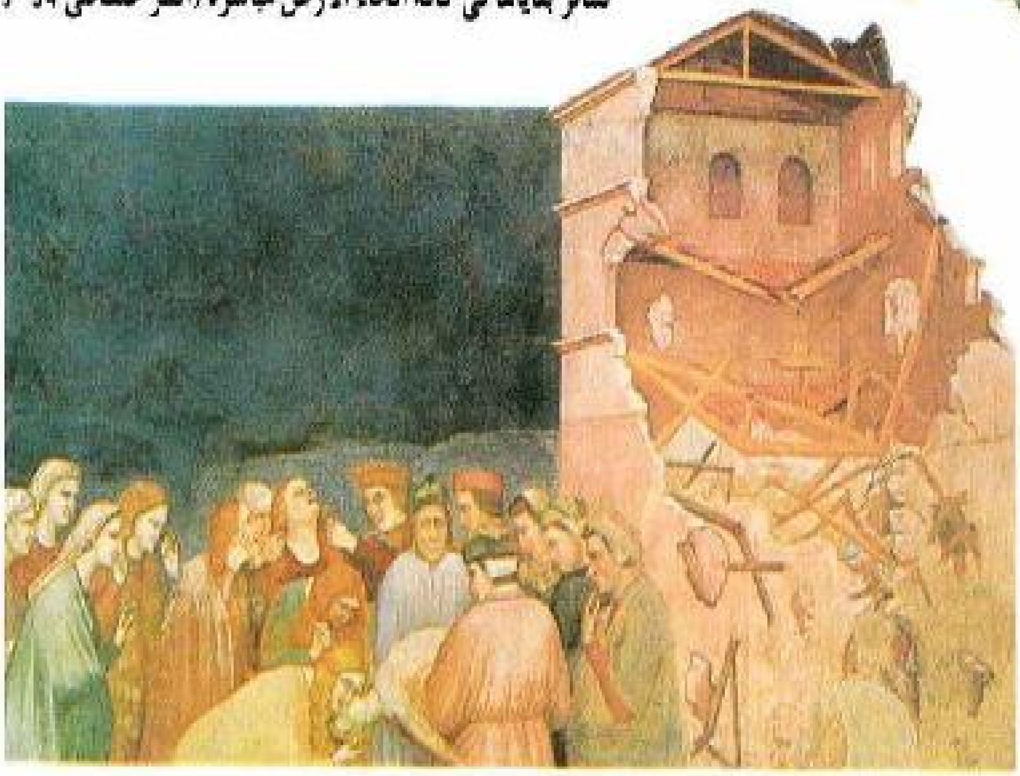
تدمر الثورات البركانية المنازل وتودى بحياة الكثيرين، ولكنها على الجانب الآخر قد تكون مفيدة فى بعض الأحيان، ففى اليابان يسود الاعتقاد بأن الرمال البركانية الساخنة يمكنها أن تعالج كثيرًا من الأمراض.

البركان الرمادى

من الصعب التنبؤ بالثورات البركانية المصحوبة بالرماد (انظر صفحتى 14-15)، كما أن ملاحظتها من الأرض تعد أمرًا خطيرًا. ولقد التقطت هذه الصورة ذات الألوان غير الطبيعية لبركان أغسطين فى ألاسكا بطريقة آمنة من خلال القمر الصناعى. ونرى الرماد يتساقط من السحابة التى يبلغ ارتفاعها 11كم (7 أميال) على الأرض والبحر، وقد تتناثر بقاياها فى كافة أنحاء الأرض مباشرة (انظر صفحتى 34-35).

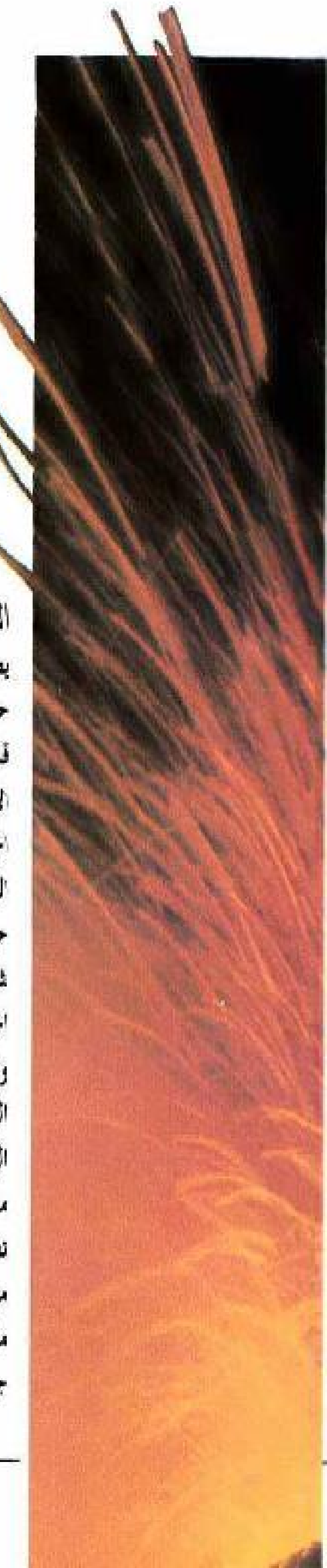
أولد فيثفول (العجوز الوفى)

الفورات الحارة هى عبارة عن ينابيع تقذف المياه المغلية عاليًا فى الهواء (انظر صفحتى 36-37). وتنشأ عن تأثير الحرارة البركانية على المياه الجوفية المحتبسة تحت الأرض. وقد استمرت ثورة هذا الفوَّار الحار الواقع فى الولايات المتحدة والمسمى أولد فيثفول (العجوز الوفى) كل ساعة على مدى الأعوام المائة الأخيرة على الأقل.



عائد للحياة من الموت!

يسحق معظم الأشخاص الذين يلقون مصرعهم أو يصابون فى الزلازل بالكامل عندما تنهار عليهم المبانى. وتوضح هذه اللوحة الجدارية لفنان القرن الرابع عشر جيوتو صورة صبى لقى مصرعه فى زلزال أسيزى بإيطاليا، وتقول الأسطورة إن القديس فرنسيس أعاد الصبى للحياة مرة أخرى!



النيران المتطايرة

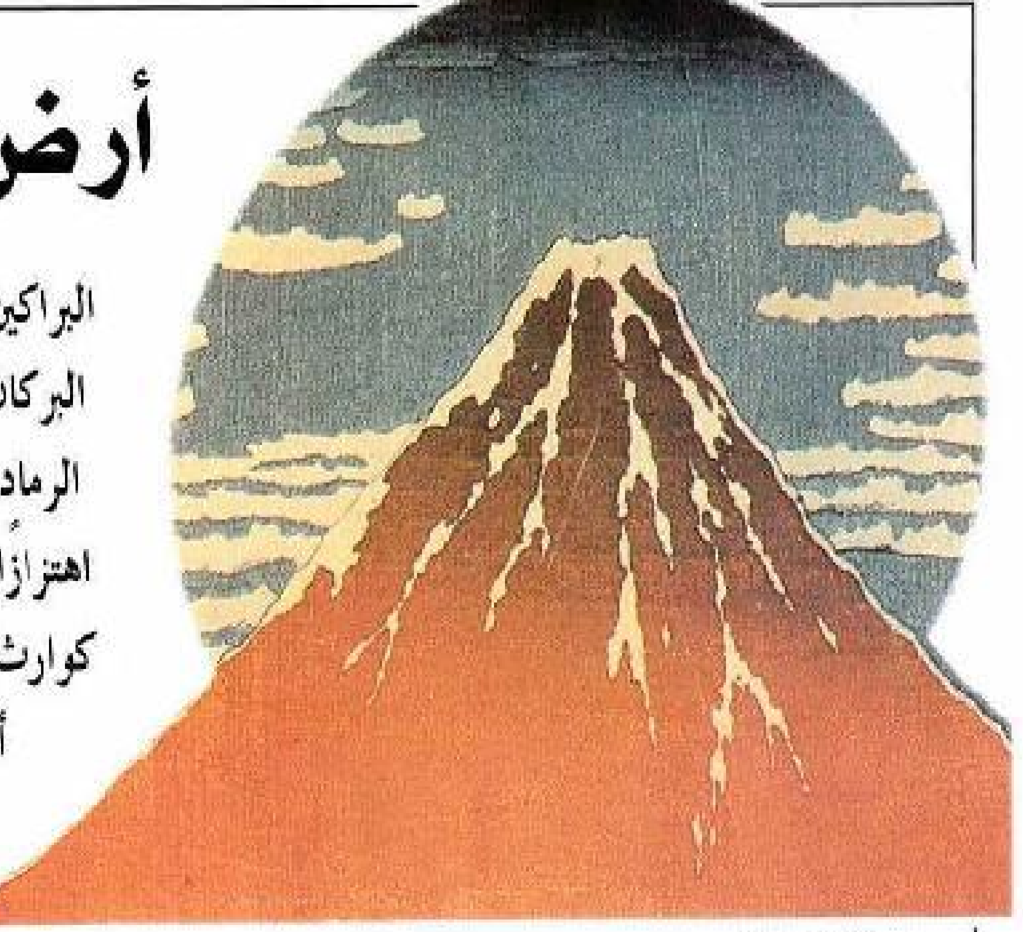
يصل ارتفاع جبل إتنا إلى حوالى 3390 مترًا (11122 قدمًا) فوق جزيرة صقلية الإيطالية وهو من أكثر الجبال ارتفاعًا وأكثر البراكين نشاطًا فى أوروبا؛ حيث تتدافع الحمم بصورة شبه مستمرة من قمته الجدباء (الصورة إلى اليمين) وقد أدت تدفقات الحمم التى نتجت عن الثورة الهائلة عام 2001 إلى تدمير معدات التزلج، إلا أنها لم تصل إلى قرية نيكولسى، أما مدينة كاتانيا المجاورة فأحيانًا ما ينالها بعض الرماد من جراء الثورات البركانية.

سان فرانسيسكو 1989

فى عام 1906 ضرب زلزال عنيف مدينة سان فرانسيسكو فسوَّاها بالأرض، تاركًا أجزاء كبيرة من المدينة فى حالة من الدمار وفاقمت النيران التى لحقت بالزلزال من حجم الدمار. ويبدو أن هذا النوع من الزلازل يضرب المنطقة كل مائة عام أو ما يقرب من هذا، وكان زلزال أصغر قد وقع فى 17 أكتوبر 1989، وهدم معه الكثير من المنازل المطلة على المياه، وخلال الهزة التى استمرت 15 ثانية لقى 62 شخصًا مصرعهم.

أرض غير مستقرة

البراكين والزلازل ما هما إلا مظهران من مظاهر تمرد الطبيعة. وقد تؤدى ثورة البركان إلى تدفق أنهار من الحمم الحمراء الساخنة، أو إلى نشر سحب كثيفة من الرماد والغاز داخل الغِلاف الجوى. فعندما يحدث زلزال قوى تهتز الأرض الصلبة اهتزازًا شديدًا حتى إن مدنًا بأكملها قد تتحول إلى ركام. وتعتبر مثل هذه الأحداث كوارث قد تودى بحياة آلاف الأشخاص، ولكن معظم البراكين والزلازل ينتج عنها أضرار بسيطة للأشخاص والممتلكات، فهى ظواهر طبيعية تحدث فى أرجاء الكرة الأرضية (على الرغم من أنها تكثر فى مناطق عن الأخرى). أما أكثر البراكين المألوفة فهى تلك الجبال الرشيقة المخروطية الشكل. إلا أنه يمكن القول بأن أية فتحة تتدفق من خلالها الحمم لتصل إلى سطح الأرض تعتبر بركانًا، ويكون بعضها عريضًا ومسطحًا، ولكن معظمها يقع على أعماق بعيدة تحت سطح البحر.



البركان المثالى

يصل ارتفاع منحدرات جبل فوجى ياما الرشيقة فى اليابان إلى 3776 مترًا (12388 قدمًا) فوق مستوى سطح البحر. ويتخذ هذا البركان الخامد (النائم) الشكل المخروطى المثالى. (انظر صفحتى 38–39) ويعتقد بعض اليابانيين بأن الآلهة تعيش فوق قمة هذا الجبل الذى غالبًا ما يغطيه الجليد والسحب أيضًا. ويُعد هذا المنظر للقمة واحدًا من بين 36 منظرًا رسمها كاتسوشيكا هوكوساى (1760-1849).

لوحة جدارية

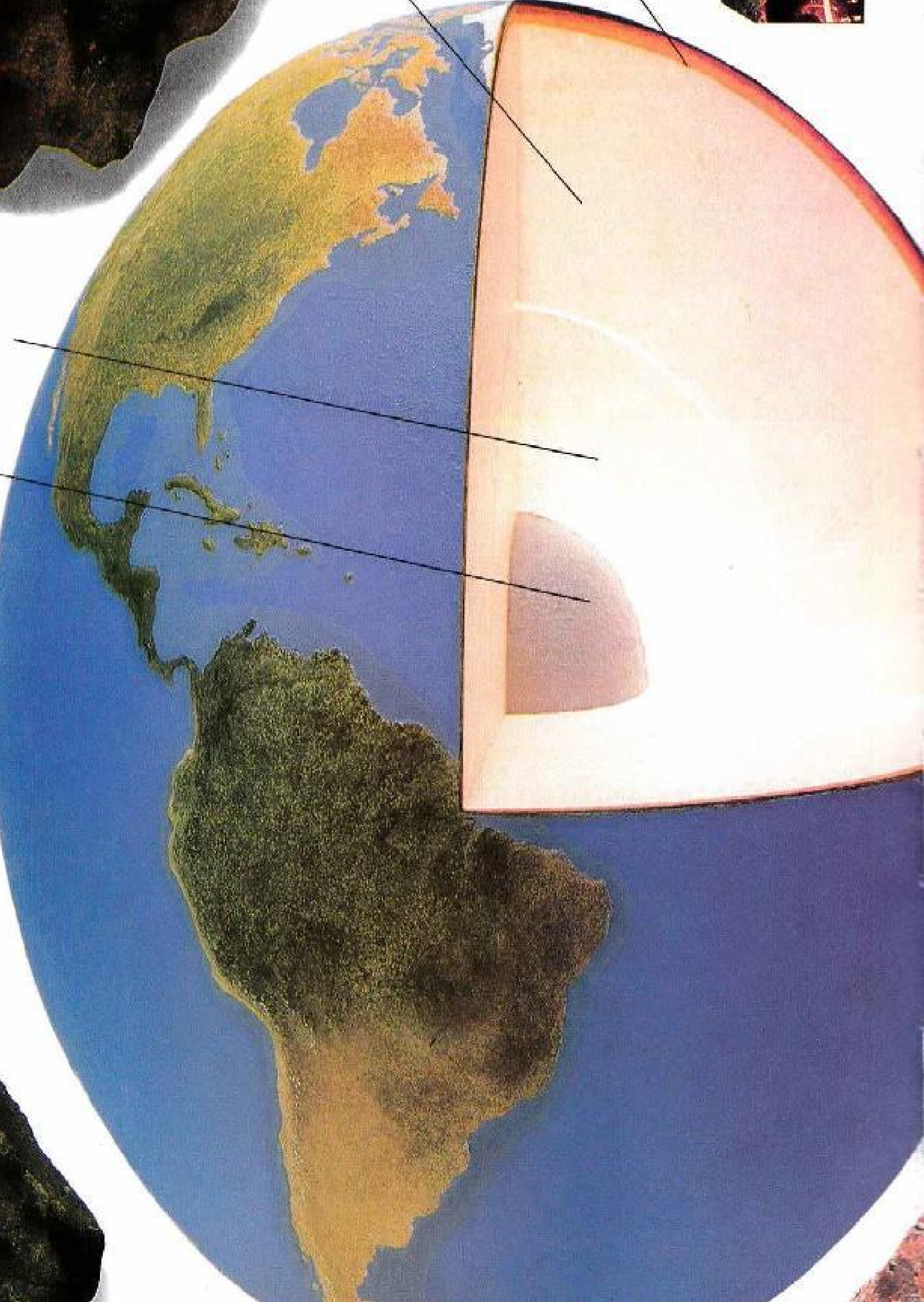
يبلغ عمر هذه اللوحة الجدارية حوالى 8000 عام، وتصور ثورة بركان حسان داج فى تركيا، وهى أقدم اللوحات المعروفة للبركان، وتظهر أسفل الجبل منازل مدينة كاتال هيوك.

ساخنة كالحديد

ينصهر الحديد النقى عندما تصل درجة حرارته إلى 1535 درجة مئوية (2795°ف). إلا أن درجة الحرارة فى معظم الأرض تزيد عن ذلك كثيرًا.

القلب الحديدى

يعتقد أن النيازك الحديدية التى تسقط على الأرض ما هى إلا أجزاء من ألباب الكواكب المشطرة، فتكوينها يتلاءم مع النماذج التى وضعها الجيوفيزيائيون للب الأرض المعدنى.



عقيدة حديد مغنيسيومى

عقيدة حديد مغنيسيومى

طبقات الأرض

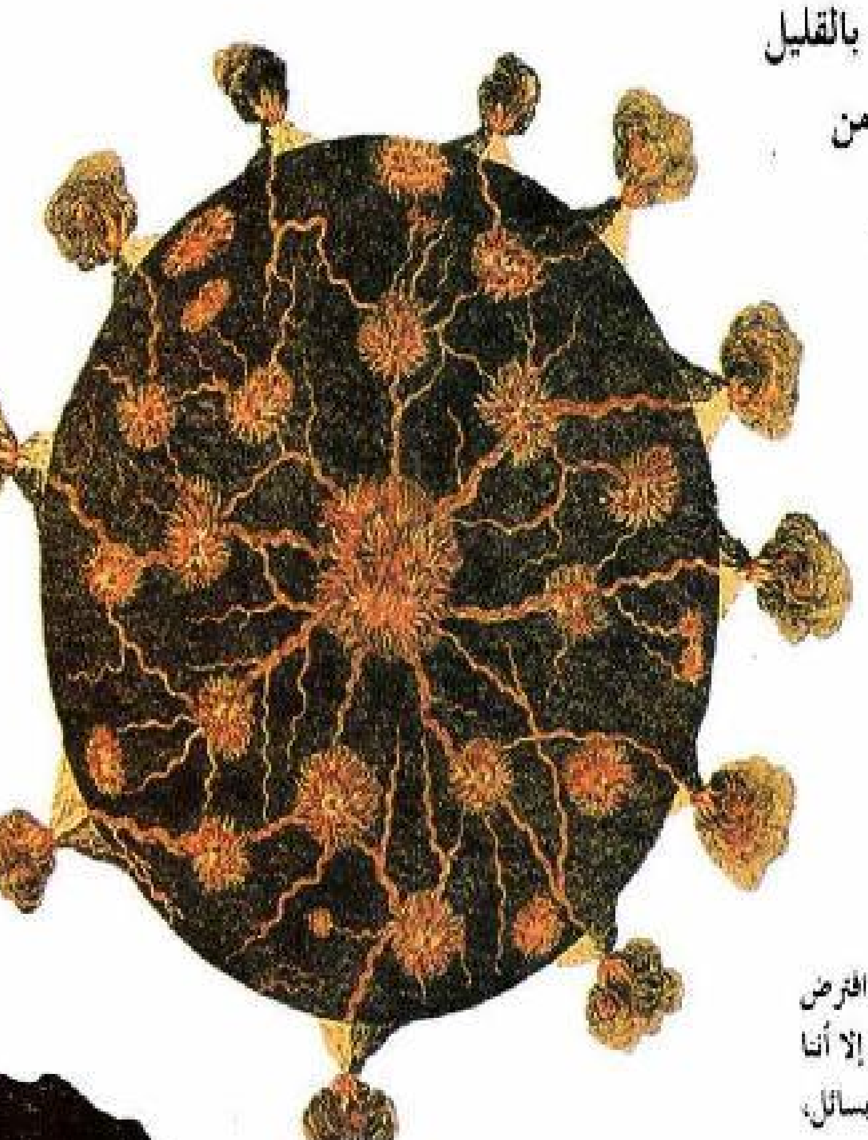
تحت قشرة الأرض الرقيقة والباردة نسبيًا يوجد الوشاح، وهو يتكون من سليكات صخرية والتى تمنحه صلابة لكنه ينتج جيوبًا من الصهارة تغذى البراكين على السطح. داخل الوشاح يوجد اللب المعدنى للأرض، وهو يتكون من اللب الخارجى السائل المحيط باللب الداخلى الصلب الأصغر منه، ويكون الضغط هنا شديدًا للغاية، ويجب أن يكون المعدن على درجة عالية من الكثافة لا تتوافر له على السطح.

الأسرار الداخلية

حتى الآن لم تصل معدات الحفر إلى عمق طبقة الوشاح ولكن فى بعض الأحيان تفتت الصهارة المتصاعدة أجزاء من الوشاح فى طريقها إلى السطح، تعرف هذه الأجزاء باسم عقيدات الحديد المغنيسيومى وهى مكونة من صخور الوشاح الثقيلة بداخل تدفقات الحمم الثائرة، وتتلاءم كثافتها وطبيعتها الكيميائية مع النظريات الجيوفيزيائية الحديثة حول باطن الأرض.

نيـران مـن الأسـفـل

إن الرحلة إلى مركز الأرض تجعلنا نتصبب عرقًا، فعلى عُمق 200كم (120 ميلاً) تصل درجة الحرارة إلى 1500°م (2732°ف)، حتى إن الصخور تتحول إلى اللون الأبيض من فرط سخونتها. تنصهر كثير من المعادن قبل أن تصل إلى درجة الحرارة تلك، ولكن نتيجة للضغط الشديد داخل الأرض فإن الصخور على الرغم من ليونتها لا تنصهر تمامًا ولا تتحول إلى سائل حتى تصل إلى أعماق أكبر. وتأتى معظم الصخور المنصهرة التى تقذف بها البراكين من أعلى طبقة الوشاح على عمق يتراوح بين 100 و300كم (60 و180 ميلاً). وعندما تسمح الظروف بالقليل من الانصهار بين بلورات الصخور، تتكون جيوب من الصهارة (الصخور المذابة)، ولأن الصهارة تكون أكثر سخونة وأخف وزنًا من الصخور المحيطة بها فإنها ترتفع وتؤدى إلى إذابة بعض الصخور التى تلقاها فى طريقها، وإذا ما تمكنت من الوصول إلى السطح فإنها تندفع فى شكل حمم بركانية.



قنوات النيران

قد يصعب تخيل مركز الأرض، وفى هذا النقش الذى يعود إلى القرن الـ 17 افترض أثاناسيوس كيرشر أن هناك لبًا مشتعلاً يغذى كل البراكين على السطح. إلا أننا ندرك تمامًا أنه نظرًا للضغوط المرتفعة فإن معظم ما فى داخل الكوكب ليس بسائل، كما أنه ليس هناك قنوات اتصال تحت سطح الأرض تربط ما بين البراكين.

حمم حمراء ساخنة (صخور سائلة) تتصاعد من أحد البراكين فى هيئة ستار من النيران

البازلت

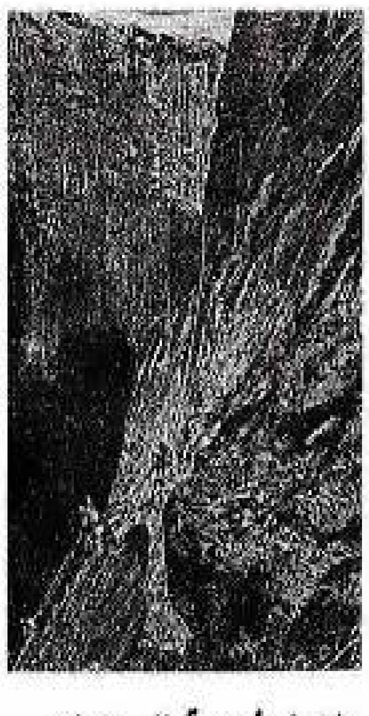
تكون قيعان المحيطات التى تغطى ثلاثة أرباع سطح الأرض من صخور داكنة اللون ثقيلة تسمى البازلت.

الجرانيت

أما القارات فتتكون من مجموعة متنوعة من الصخور، غالبًا ما تكون أخف وزنًا وأفتح لونًا من البازلت، وعادة ما يشبه تكوينها تكوين الجرانيت.

قشرة رقيقة

لو تخيلنا أن الأرض فى حجم التفاحة، فإن الألواح التكتونية (انظر الصفحات 10-13) التى تكسوها لن تكون أكثر سمكًا من قشرة التفاحة، كما أن الكوكب له لب مثل التفاحة، وذلك اللب محاط بطبقة الوشاح الذى يمثله الجزء المأكول من التفاحة.



داخل فوهة البركان

تبدأ قصة «جول فيرن» الشهيرة «رحلة إلى مركز الأرض» بنزول محفوف بالمخاطر داخل فوهة بركان جبل إتنا. وبعد الكثير من المغامرات تحت سطح الأرض يصعد الأبطال مرة أخرى إلى السطح إبان إحدى الثورات البركانية فى أيسلندا.

دروس التاريخ

هذا القالب الجبسى يصور رجلاً لقى مصرعه من جراء ثورة بركان جبل فيزوف الذى دمر مدينتي بومباى وهيركولانيوم الرومانيتين عام 79 بعد الميلاد (انظر الصفحات 26-31) ومازالت الروايات المعاصرة وأعمال الحفر الحديثة تكشف الكثير عن هذا البركان المريع.

الحياة فوق حلقة النار

هناك أكثر من 70 بركانًا نشطًا فى اليابان، ولا تمر أسابيع قليلة دون أن يضرب اليابان زلزال أو اثنان. وفى عام 1925 دمر هذا الزلزال العنيف مدينة كيوتو التاريخية.

مثل اليابان فإن كامتشاتكا هى جزء من حلقة النار فى المحيط الهادى

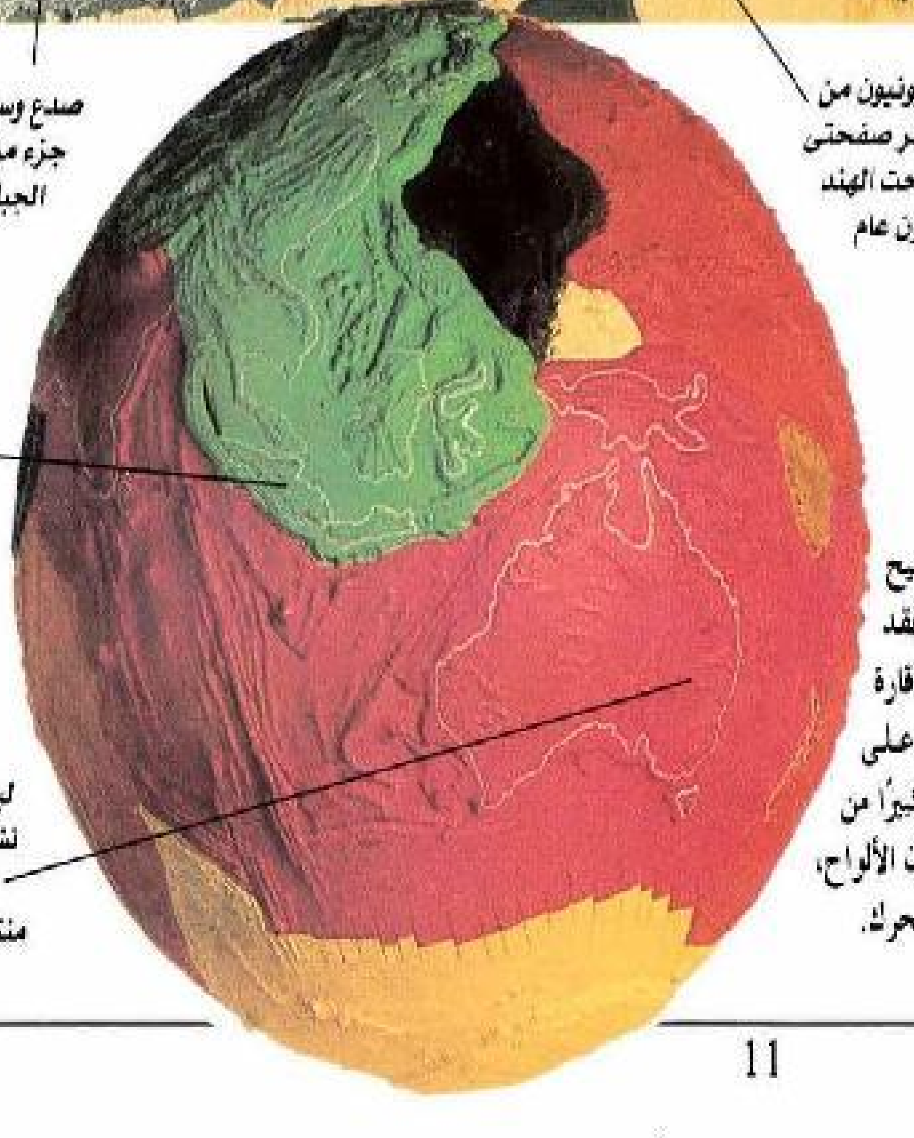
تقع أيسلندا فوق الصدع الممتد فى وسط الأطلنطى (انظر صفحتى 24-25)

هناك العديد من البراكين والزلازل فى ألاسكا وجزر ألوشيان

صدع وسط الأطلنطى هو جزء من أكبر السلاسل الجبلية فى العالم

تكونت جزيرة ريونيون من بقعة ساخنة (انظر صفحتى *22، 23*) كانت تحت الهند منذ 30 مليون عام

القارة القطبية الجنوبية يطوقها محيط جديد تكون بسبب امتداد الصدوع (انظر صفحتى 24، 25)



تقع إندونيسيا على حافة عدد من الألواح، وهى موطن أكثر من *125* بركانًا نشطًا

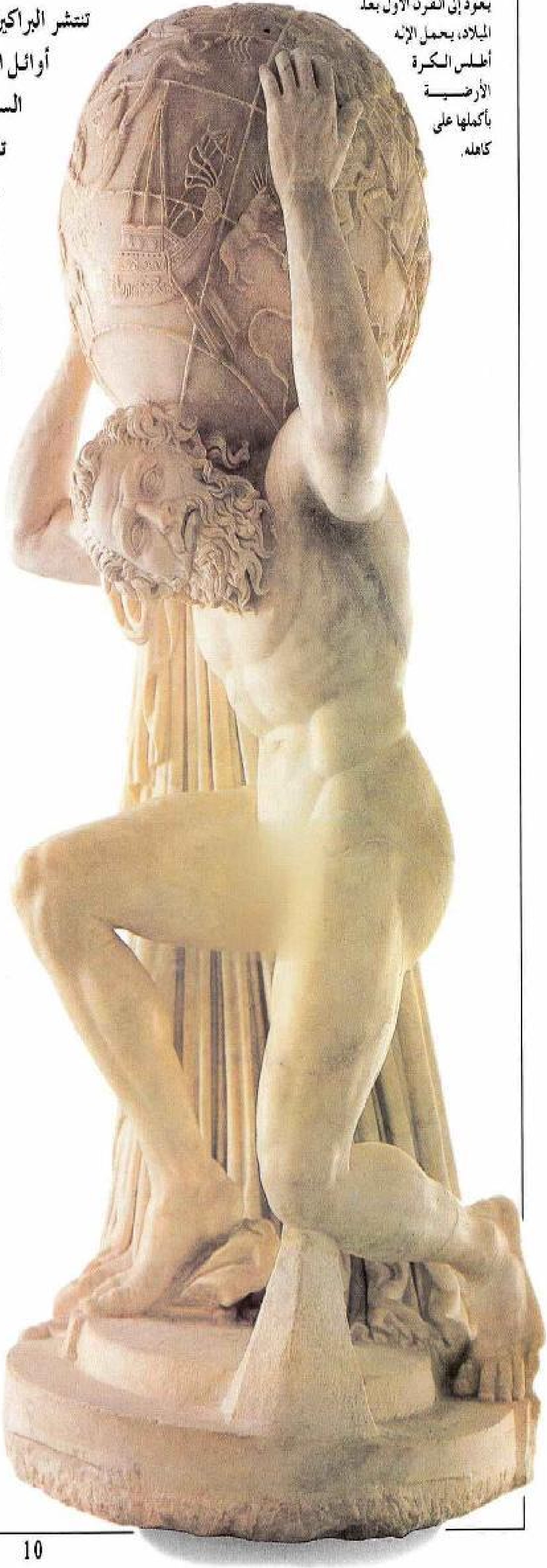
ليس هناك براكين نشطة فى أستراليا التى تقع فى منتصف أحد الألواح

الألـواح المنجرفـة

تم تلوين الكرة الأرضية لتوضيح شكل الألواح التكتونية، فقد يحتوى اللوح الواحد على قارة ومحيط، فاللوح الأسترالى، على سبيل المثال، يتضمن جزءًا كبيرًا من المحيط الهندى، وعلى هذا فإن الألواح، وليست القارات، هى التى تتحرك.

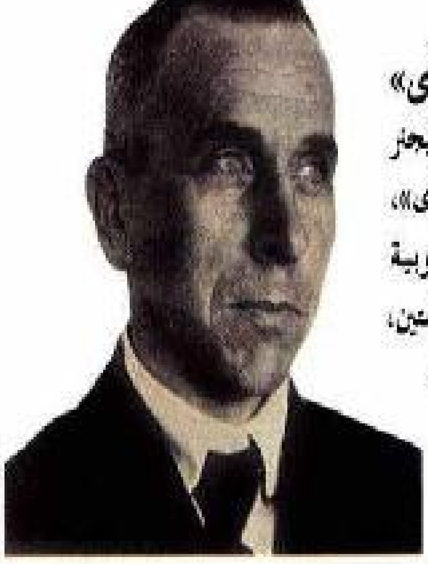
جبل إيرباس: بركان نشط فى القارة القطبية الجنوبية

العالم فوق الألواح



يحمل العالم على كاهله
اعتقد الرومان القدماء أن الإله أطلس يحمل السماء على كتفيه، وفي هذا التمثال الذي يعود إلى القرن الأول بعد الميلاد، يحمل الإله أطلس الكرة الأرضية بأكملها على كاهله.

تنتشر البراكين والزلازل في أماكن من العالم أكثر من غيرها، كان ذلك معروفًا منذ أوائل القرن التاسع عشر، ولم يستطع العلماء تفسير ذلك إلا بحلول الستينيات من القرن العشرين عندما بدأت أسرار قاع المحيط العميق تتكشف لهم. وعرفت تفسيراتهم باسم نظرية الألواح التكتونية. (التكتونية هي كلمة يونانية معناها البناء).. تذهب النظرية التكتونية إلى أن سطح الأرض مجزأ إلى قطع يتركب بعضها مع بعض، مثل أحجار الرصف ذات الأشكال الغريبة. تتحرك تلك الكتل من القشرة الأرضية، التي يطلق عليها اسم الألواح التكتونية، عبر السطح استجابة للقوى والتحركات التي تحدث على أعماق كبيرة داخل الكوكب. ومع حركتها تصطدم الألواح، أوتتلامس أو يبتعد بعضها عن بعض عند نقاط تعرف بحافات الألواح، وهي مناطق تمتاز بنشاطها الجيولوجي المكثف؛ ولذا تحدث معظم البراكين والزلازل عند تلك الحواف حيث تحدد طبيعة الحافة نفسها طبيعة البراكين والزلازل التي تحدث عندها.

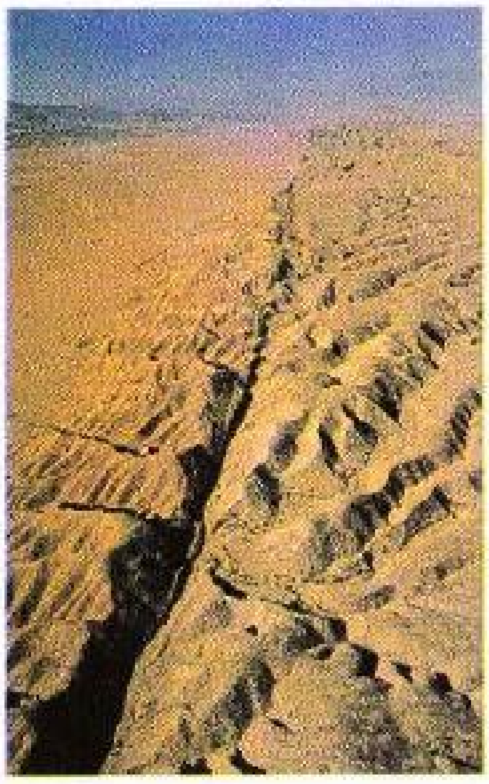


واضع مصطلح «الانجراف القارى»
وضع عالم الأرصاد الجوية الألماني ألفريد فيجنر (1880–1930) مصطلح «الانجراف القارى»، فعندما رأى تطابقًا شكليًا بين أمريكا الجنوبية وإفريقيا اقترح أنهما كانتا من قبل ملتصقتين، ولكنه ظن خطأً أن القارتين قد انجرفت إحداهما عن الأخرى عندما شقتا طريقهما في قاع المحيط، وعلى مدى أكثر من نصف قرن لاقت أفكاره التجاهل من قبل الجيوفيزيائيين. ولم تحظ نظريته بالقبول إلا عندما اكتشفت الصدوع الممتدة. (انظر صفحتي 24–25) بعد ذلك بأربعين عامًا.

حلقة النار
هناك أكثر من 1,500 بركان نشط على سطح الأرض، وفي كل عام يحدث أكثر من مليون زلزال أغلبها هزات ضعيفة لا يشعر بها أحد، وفي هذه الخريطة ترمز الأشكال المخروطية السوداء للبراكين، فيما ترمز المناطق الحمراء إلى الأماكن الأكثر عرضة للزلازل، وكلاهما ينتشر وجوده بطول منطقة «حلقة النار» وهي حافات الألواح التي تشكل قاع المحيط الهادى.

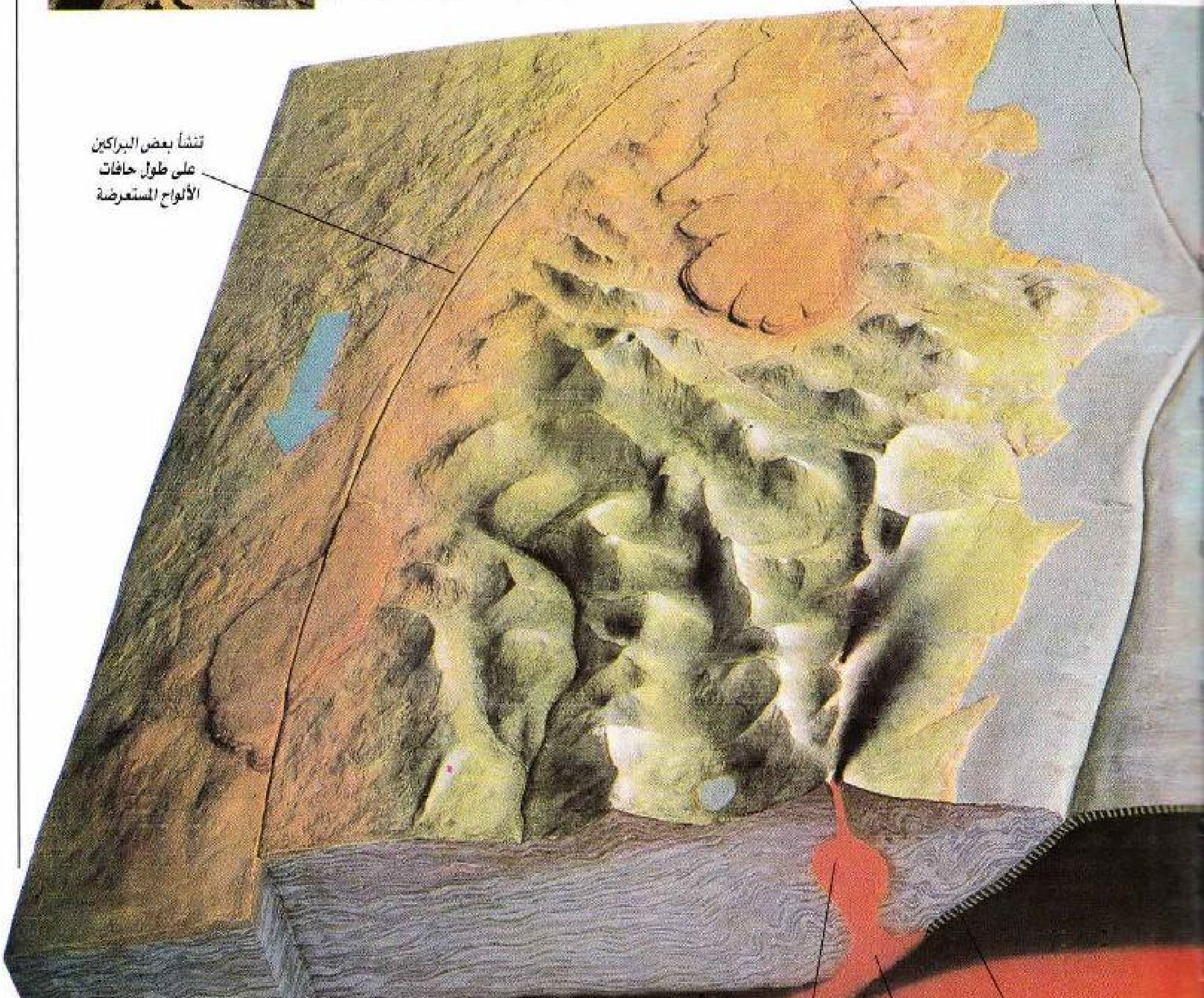
سلاسل البراكيـن

تعتبر جواتيمالا فى أمريكا الوسطى موطنًا لسلسلة من البراكين، التى لايزال الكثير منها نشطًا حتى الآن، فهى تقع فوق قمة منطقة هبوط، والتى تكونت عندما انزلق لوح القوقاز تحت لوح أمريكا الشمالية الأكبر حجمًا.



الصدع الأمريكى

لابد أن منطقة صدع سان أندرياس هى أكثر حافات الألواح شهرة على الإطلاق. فمن السهل رؤية اتجاه الحركة من خلال الأنهار والطرق وحتى سلاسل الجبال الكاملة التى انشطرت نتيجة للانزلاق الجانبى المستمر.



منطقـة الهبـوط

يتحرك اللوح المحيطى مع تطاحن صخوره وصرير احتكاكها متجهًا إلى الأسفل داخل الوشاح فى منطقة الهبوط، هذا الطحن والصرير ما هو إلا زلازل بعضها يكون كبيرًا للغاية. وبينما يبتلع الوشاح الصخرة القشرية فإن الحرارة تذيبها فتتكون الصهارة، وترتفع الصهارة مع بعض صخور الوشاح المنصهرة لتغذى البراكين الواقعة على حافات اللوح القارى (انظر صفحتى 14-15).

تـلامس الألـواح

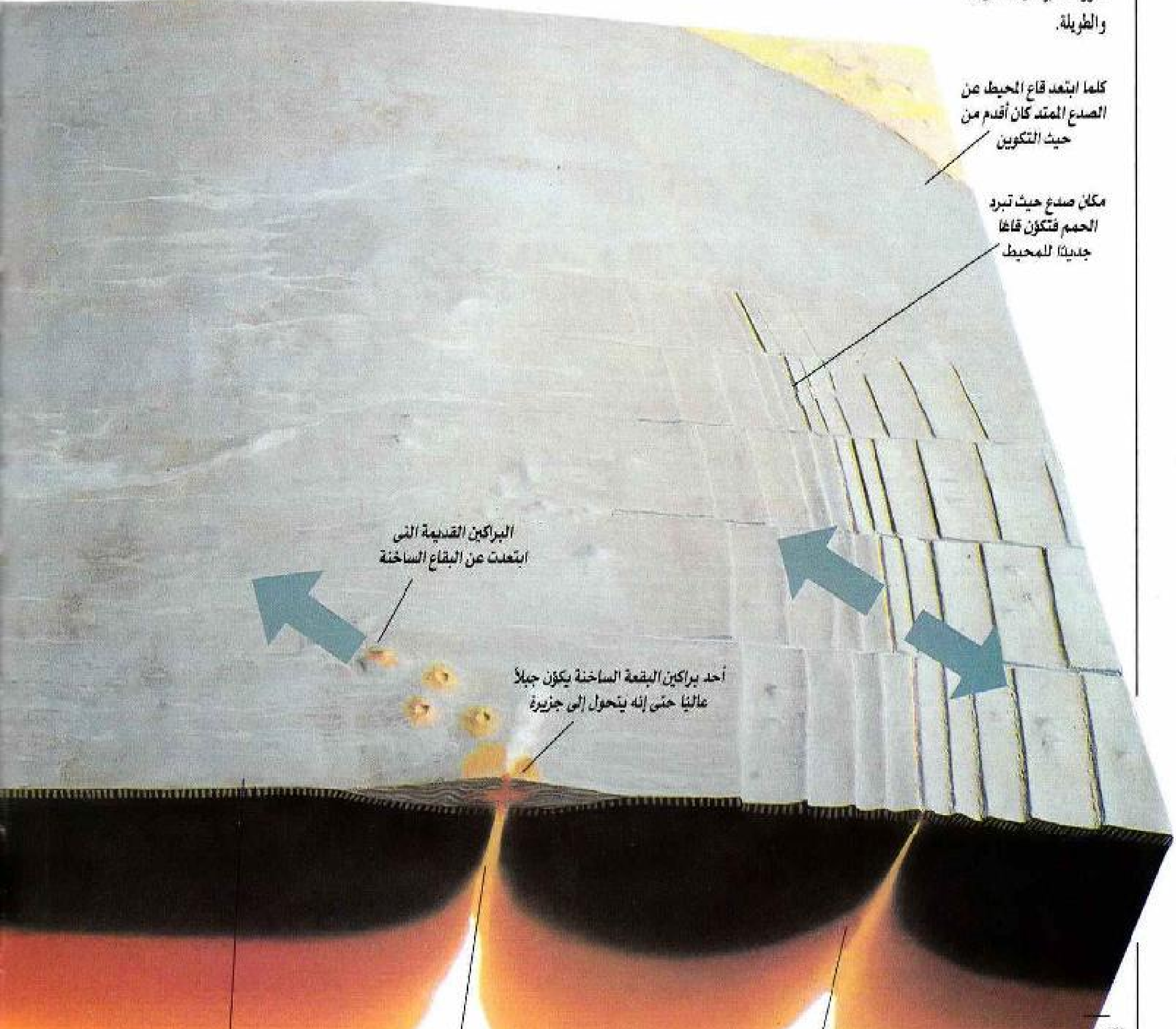
تتكون حافة اللوح المستعرض حينما يلتقى لوحان بحركة أفقية، ويطلق على الحدود الناتجة عنها اسم منطقة الصدع المستعرض، وعادة ما تحدث الزلازل العنيفة عندما يرأب الصدع ثم ينزلق فجأة.

الألـــواح المتحركــة

عندما تلتقى الألواح التكتونية بعضها مع بعض، تنطلق الضغوط الهائلة للصخور المتصادمة فى شكل زلازل، كما تحدث معظم البراكين أيضًا عند حافات الألواح، حيث تنتهز الصخور المنصهرة فرصة وجود شقوق فى الألواح فتندفع إلى السطح. وعندما يتباعد لوحان أحدهما عن الآخر يتكون صدع ممتد أو سلسلة من البراكين البسيطة، وعندما يصطدم لوحان ببعضهما البعض يتزلق أحدهما تحت الآخر فتتشكل منطقة هبوط، ينصهر اللوح المنزلق جزئيًا وترتفع الصهارة الخفيفة لتغذى البراكين الواقعة داخل حافة اللوح، وهناك نوع ثالث من البراكين ينفجر فوق البقاع الساخنة، والتى تعتبر مراكز نشطة فى طبقة الوشاح.

الأرض النارية

من الأفضل أن نطلق على أيسلندا اسم «الأرض النارية» حيث إنها موطن البراكين والفـوارات الحارة. تتكون غالبية الجزيرة، تقريبًا، من صخور بركانية، مثل تلك الموجودة فى قاع المحيط العميق، وقد تكونت بالتدريج فوق سطح البحر من خلال مجموعة من الثورات البركانية الشديدة والطويلة.



امتداد الصدوع

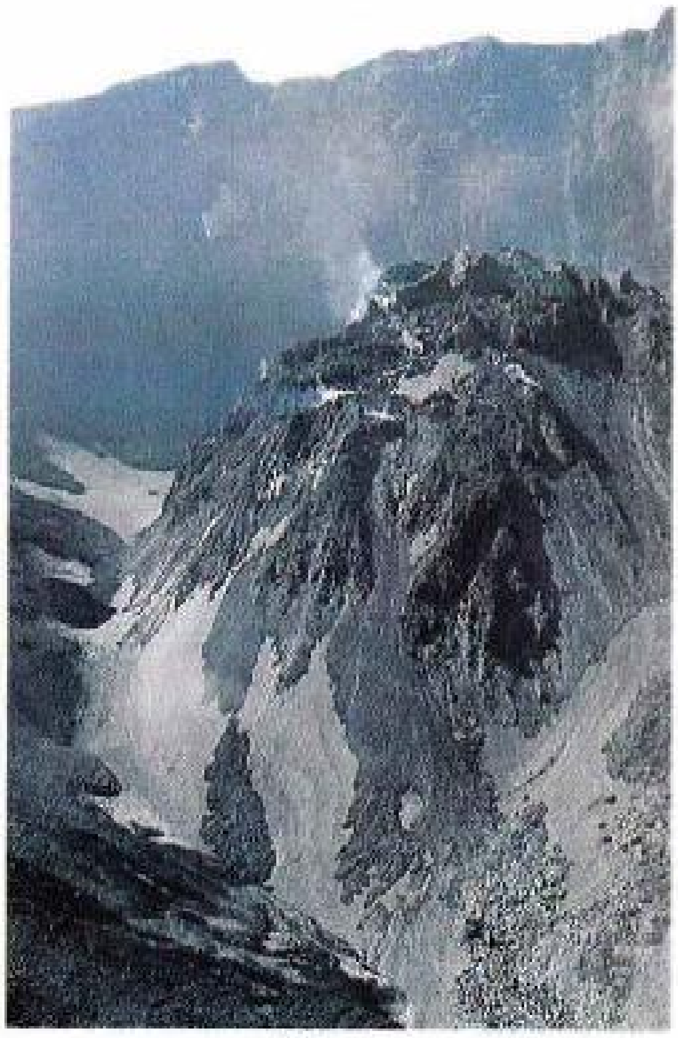
أينما تتباعد الألواح بعضها عن بعض يتكون قاع المحيط الجديد (انظر صفحتى 24-25) هنا ترتفع الصهارة وتتجمد فتلتئم الفجوة بين الألواح، وتؤدى حركات الألواح المتواصلة عندما تتباعد بعضها عن بعض إلى تشقق مادة الألواح الجديدة مسببة الزلازل الصغيرة، وتمتد سلسلة من الصدوع ـ كل صدع أقدم من التالى عليه ـ فى خط متواز مع الصدع البركانى المركزى، وقد تشكلت كل قيعان المحيطات بهذه الطريقة على مدى الـ 200 مليون عام الماضية.

البـقـــاع الســاخـنــة

لا تتكون براكين البقاع الساخنة (انظر صفحتى 22-23) عند حافات الألواح، فهى تنتج عن المراكز النشطة فى طبقة الوشاح، والتى تفرز كميات كبيرة من الصهارة، ترتفع تلك الصهارة إلى السطح محدثة ثقبًا فى اللوح فيتكون البركان، ولأن البقعة الساخنة فى الوشاح تظل مكانها بينما يتحرك اللوح فوقها فإن البقعة الساخنة تبدو كأنها تنجرف عبر اللوح.

حائط الرماد المتحرك

عندما انفجرت سحب الرماد بين جنبات البركان أصبحت أخف وزنًا من الهواء وبدأت في الصعود إلى أعلى، التقط «جارى روزنكيست» هذه الصورة الأخيرة قبل أن يهرع باتجاه سيارته وكتب فيما بعد: «لاحت السحب الهائجة خلفنا بينما أسرعنا نحو طريق 99» ثم أضاف: «هرعنا ناحية راندل فيما تفتقت كرات طينية بحجم البلى فوق زجاج السيارة الأمامى. بعد ذلك بدقائق قليلة عم الظلام الدامس، وتلمسنا الطريق وسط سحب الرماد الخانق حتى وصلنا إلى بر الأمان».



اللهـاث الأخـير

خلال الشهور التى تلت تلك الثورة البركانية الهائلة دفع الضغط المتناقص فى خزان الصهارة بالحمم العجينية إلى أعلى، وقد شقت الصخور اللزجة طريقها إلى الخارج مثل معجون الأسنان وهو يخرج من الأنبوب، فتكونت قبة نامية بلغ ارتفاعها 260 مترًا (800قدم) عام 986 ام. وعند نقطة معينة ظهر نتوء من الحمم الصلبة خارج القبة، ومثل النتوء الأكبر الذى برز من جبل بيليه عام 1902 (انظر صفحتى 32–33) انهار هذا النتوء وتحول إلى ركام من فتات الحمم.

منطقـة الأشـجار المقتلعـة

نتيجة انفجار البركان سويت بالأرض غابات الأشجار الكبيرة التى بلغ ارتفاعها 50 مترًا (150 قدمًا)، وفى المنطقة الأقرب للجبل المسماة «منطقة الأشجار المقتلعة» خلت الأرض من كل شىء تقريبًا.

بعد ذلك بإحدى عشرة ثانية

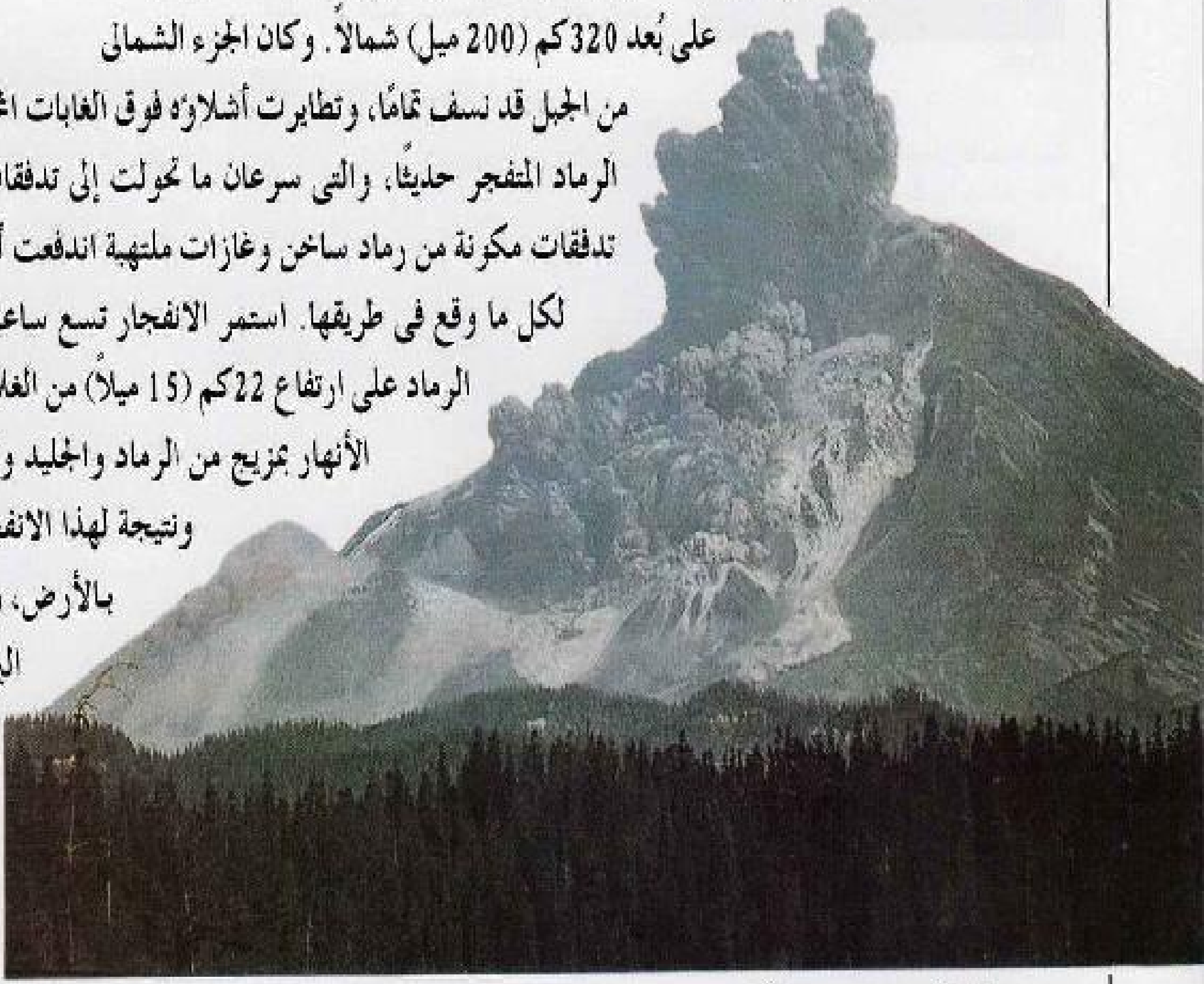
تبع انهيار الصخور القديمة الانفجار الأسرع للرماد، وفى اليسار نرى بوضوح كتلاً ضخمة من الصخور يحملها الهواء وتتقاذفها السحب.

عندما يتفجر الجبل

العملاق النائم

قبل أحداث مايو 1980 المدمرة كان جبل سانت هيلنز أرضًا للعجائب يزورها السياح حيث يجدون الهدوء داخل الغابات والبحيرات.

تحدث أعظم الثورات البركانية ترويعًا وتدميرًا في البراكين الواقعة عند مناطق الهبوط (انظر الصفحات 10-13) وقد تظل هذه البراكين خامدة على مدى قرون طويلة قبل أن تعاود ثورتها (انظر صفحتي 38-39) ولكنها عندما تنفجر يكون البركان عنيفًا بصورة غير عادية، فقد انفجرت قمة جبل سانت هيلنز - وهو بركان موجود في سلاسل جبال القوقاز شمال غرب أمريكا - وذلك في 18 مايو لعام 1980 على الرغم من أنه قد ظل خامدًا على مدى 123 عامًا، وقد سمع دوى الانفجار الهائل الذى دمر الجبل في مدينة ڤانكوفر بكندا على بُعد 320كم (200 ميل) شمالاً. وكان الجزء الشمالي من الجبل قد نسف تمامًا، وتطايرت أشلاؤه فوق الغابات المحيطة، وتبع انهيار الصخور تراكم سحب من الرماد المتفجر حديثًا، والتي سرعان ما تحولت إلى تدفقات فتاتية بركانية (انظر الصفحة 16)، وهي تدفقات مكونة من رماد ساخن وغازات ملتهبة اندفعت أسفل منحدرات البركان بسرعة رهيبة محرقة لكل ما وقع في طريقها. استمر الانفجار تسع ساعات وقد أدى إلى تصاعد ملايين الأطنان من الرماد على ارتفاع 22كم (15 ميلاً) من الغلاف الجوى، وقد سدت تدفقات الطين أودية الأنهار بمزيج من الرماد والجليد والأشجار المقتلعة، (انظر صفحتي 56-57). ونتيجة لهذا الانفجار فإن مساحات شاسعة من الغابة سويت بالأرض، ولقى 57 شخصًا مصرعهم من بينهم عالم البراكين ديڤيد چونستون.



بعد 38 ثانية من الانفجار الأول

بعد شهرين من الزلازل الصغيرة والانفجارات تحولت المنحدرات الشمالية في جبل سانت هيلنز إلى نتوء كبير، وفي الساعة 8,32 من صباح يوم 18 مايو ارتجف الجانب الشمالي فجأة، وبدا كأنه يتحول إلى سائل، فبينما انخفض الضغط داخل البركان بدأت الصهارة الساخنة في الأسفل ترتفع وتنفجر، وتوضح هذه الصورة التي تم التقاطها بعد 38 ثانية من الانفجار انهيار الجليد والصخور في الجزء الشمالي، وفوق منطقة الانهيار مباشرة تصاعدت سحابة من الرماد والغاز نحو السماء.

بعد ذلك بأربع ثوان

تبع انهيار الصخور القديمة ظهور سحب متنامية سوداء من الرماد تحتوى على المادة التي تفجرت لتوها، وقال جارى روزنكيست، الذى التقط هذه الصورة، فيما بعد: «إن المنظر كان في غاية التأثير لدرجة أنني أصابني الدوار واضطررت للابتعاد كي أستعيد توازني». ومن مكانه الذى يبعد 18كم (11 ميلاً) لم يسمع صوتًا واحدًا خلال الانفجار بأكمله.

تغذية ثورة البركان

لأنها أخف وزنًا من الصخور الصلبة المحيطة بها ارتفعت الصهارة الساخنة تحت جبل سانت هيلنز إلى أعلى، وكانت الصهارة قد تكونت من ذوبان اللوح المحيطي القديم، والذى استنفد في منطقة الهبوط قبالة الشاطئ (انظر صفحتي 12-13) وتجمعت في بركة تحت الأرض يطلق عليها اسم خزان الصهارة، وصلت الصخور الساخنة إلى فوهة البركان من خلال أنبوب تغذية اتخذ شكل ماسورة بندقية فيما واصل البركان ثورته.

ليلة طويلة من سحب الرماد

بعد أن ظل خامدًا لمدة 600 عام، عاود بركان جبل بيناتوبو بالفلبين ثورته فى يونيو لعام 1991. فقد تصاعدت سحب كثيفة من الرماد فى الهواء الأمر الذى أدى إلى حجب أشعة الشمس لأيام، وعندما استقر الرماد المحمول فى الهواء ببطء دفن الحقول والقرى فى محيط عدة كيلومترات حوله، وتجمع ما يزيد عن 100 متر (330 قدمًا) من الرماد فى شكل ركام على منحدرات البركان العليا، تبع ذلك سقوط أمطار غزيرة أحدثت انزلاقات طينية سدت أودية الأنهار وجرفت الطرق والكبارى والكثير من القرى بعيدًا (انظر صفحة 56)، مما أدى إلى مصرع ما لا يقل عن 400 شخص وتشريد 400000 آخرين، وأصيب كثير من الناجين بالالتهاب الرئوى نتيجة عدم ارتدائهم أقنعة التنفس لحماية أنفسهم من الرماد الرملى، وعلى أقل القليل أصيبت أعينهم بالتهاب شديد بسبب الهواء المعبأ بالرماد.

بعد أن دفنت حقولهم تحت الرماد، أخذ المزارعون الجاموس وتوجهوا بها إلى المراعى الخضراء

التنفس بسهولة

إن كل خطوة تثير الرماد الدقيق فى الهواء، لذا يساعد تغطية الفم والأنف بقطعة من القماش المبلل على حماية البلعوم والرئتين.

المحاصيل المدفونة

يسمد القليل من الرماد الأرض الزراعية (انظر صفحتى 40-41)، إلا أن الكثير منه يدمر المحاصيل، ولأنه لا توجد مياه لإزالة هذا المسحوق الكاسح أصبحت هذه الذرة غير صالحة للأكل، وضاعت محاصيل بأكملها نتيجة تساقط الرماد الكثيف الذى تبع الثورات البركانية بجبل بيناتوبو.

الرماد والغبار

اللويبة: قطع صغيرة الحجم من الحمم المزبدة

تقذف أقوى البراكين انفجارًا بسحب من الرماد إلى أعلى نحو السماء، ويتكون الرماد نتيجة تسرب الغاز المذاب فى الصهارة بقوة مما يؤدى إلى تفتت الصخور الساخنة محولاً إياها إلى مليارات الأجزاء الصغيرة، تعرف أجزاء الصخور الصغيرة الناتجة عن ذلك باسم: «الصخور الفتاتية البركانية» وهى تتراوح فى حجمها ما بين كتل كبيرة من الحمم التى قد يصل حجمها إلى حجم المنازل (انظر صفحة 18) ومسحوق الغبار ذى الذرات الدقيقة والذى قد يطوف حول العالم فى طبقات الغلاف الجوى العليا (انظر صفحتى 34-35). وفيما بين هذين الطرفين توجد اللوبيات (وهو اسم لاتينى معناه الأحجار الصغيرة) والرماد. وقد تدفع الثورات البركانية العنيفة بكتل ضخمة على بُعد عدة كيلومترات من البركان، ولكن الأجزاء الأكبر عادةً ما تتساقط بالقرب من فتحة التنفيس فى البركان، بينما تتطاير القطع الصغيرة لمسافات أبعد. وفى بعض الثورات البركانية تنهار سحب الرماد بفعل ثقلها فتكون التدفقات الفتاتية البركانية ولكن على عكس تدفقات الحمم فإن التدفقات الفتاتية البركانية قد تكون فى غاية الخطورة، حيث تنشأ أسوأ الكوارث البركانية عن هذه التدفقات أو غيرها من موجات الفتات البركانى التى تزيد مكوناتها من الغاز الساخن على مكوناتها من الرماد.

الرماد: قطع أصغر من «الصخور الفتاتية البركانية»

الغبار: أصغر وأخف أجزاء الحمم

بناء جبل مخروطى

تتكون الجبال نتيجة اندفاع «الصخور الفتاتية البركانية» من فوهة البركان واستقرارها طبقة فوق الأخرى على منحدرات البركان، كما تكوّن انفجارات نافورة النيران الغازية أشكالاً مخروطية رمادية من قنابل الحمم والرماد، ويظهر فى الصورة مخروطان من بين الكثير من الأشكال الموجودة داخل فوهة بركان ماوى فى هاواى (انظر صفحتى 22-23).

السيرة الذاتية للبركان

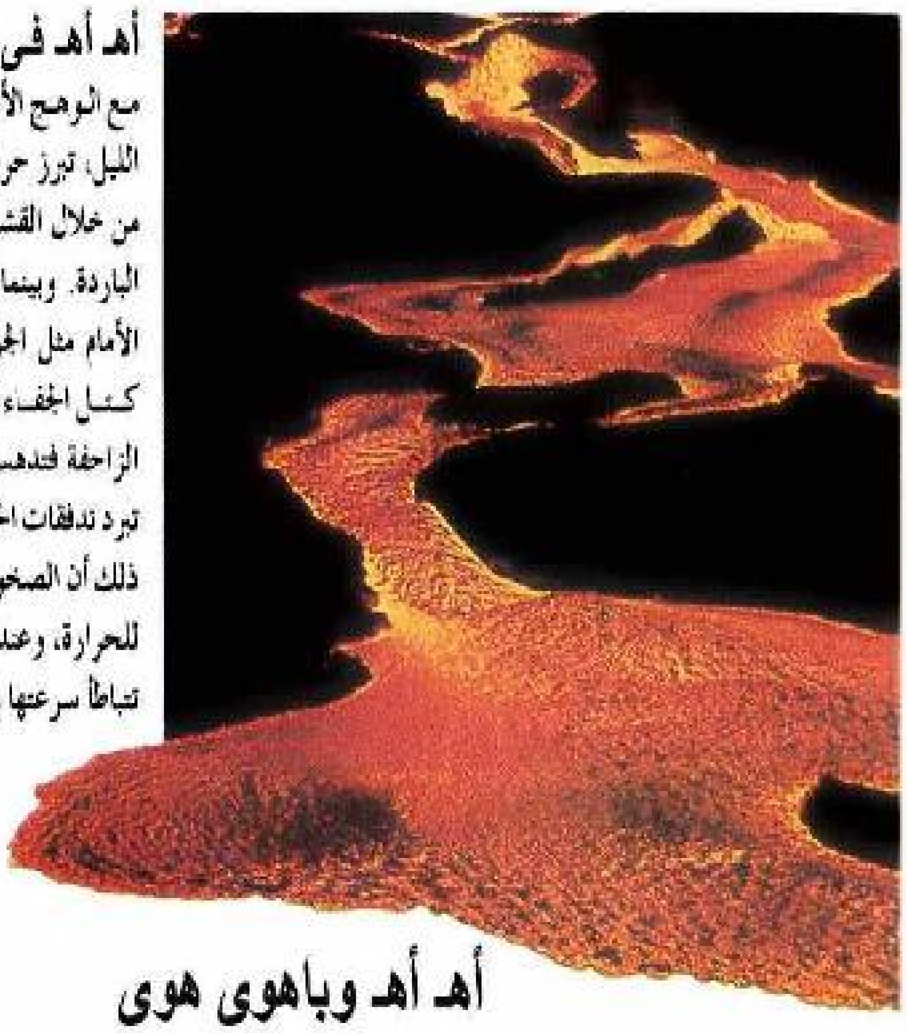
تعكس الأجزاء المتجمدة فى منحدرات البركان التاريخ المفصل للثورات السابقة لذلك البركان، فمن الممكن معرفة تاريخ طبقات الصخور التى تكونت عندما برد الرماد المتساقط فتصلب، كذلك يمكن تحليل نسيجها وبنائها، ففى هذا المقطع العرضى تكونت طبقات الرماد بسبب بركان إنجليزى انفجر منذ 500 مليون عام مضت.

رسوب فتات بركانى يرجع لعصر ما قبل التاريخ بالقرب من نابولى، إيطاليا

الانهيارات المتوهجة

إذا ما كان المزيج المتفجر من الصخور الساخنة والغاز أثقل من الهواء فقد يتدفق باتجاه سفح الجبل بسرعة قد تزيد على 100 كيلو/ ساعة (60 ميلاً/ ساعة). مثل هذا التدفق لفتات البركانى والذى يطلق عليه أيضًا اسم التدفق الرمادى أو الانهيار المتوهج) قد يدمر كل ما فى طريقه. ولموجات الفتات البركانى والتى تحتوى على غاز ساخن بنسبة أكبر من الرماد ذات القدرة التدميرية، فقد لقى سكان بومباى (انظر الصفحات 26-30) وسانت بيير (انظر صفحتى 32-33) مصرعهم بسبب تلك الموجات الخارقة.

أهـ أهـ وباهوى هوى



لا تشكل تدفقات الحمم خطرًا كبيرًا على الأشخاص؛ لأن سرعتها نادرًا ما تتعدى بضعة كيلومترات فى الساعة، وهناك نوعان من تلك التدفقات اكتسبا تسميتهما من كلمتين فى لغة هاواى. النوع الأول هو حمم (أهـ أهـ) وهو نوع من التدفقات المغطاة بكتل كبيرة حادة من الحمم مسننة السطح يطلق عليها اسم الجُفاء مما يجعل السير فوقها أمرًا صعبًا حتى بعد أن تبرد على عكس تدفقات (باهوى هوى) الحممية والتى تكوّن قشرة ناعمة بعد خروجها من منفذها مباشرة. ويحبس السطح البارد الغاز فيحافظ على توهج التدفقات وانسيابها. ونادرًا ما يزيد سمك تدفقات (باهوى هوى) على متر واحد حوالى (3 أقدام) بينما يصل سمك تدفقات (أهـ أهـ) إلى 100 متر حوالى (330 قدمًا).

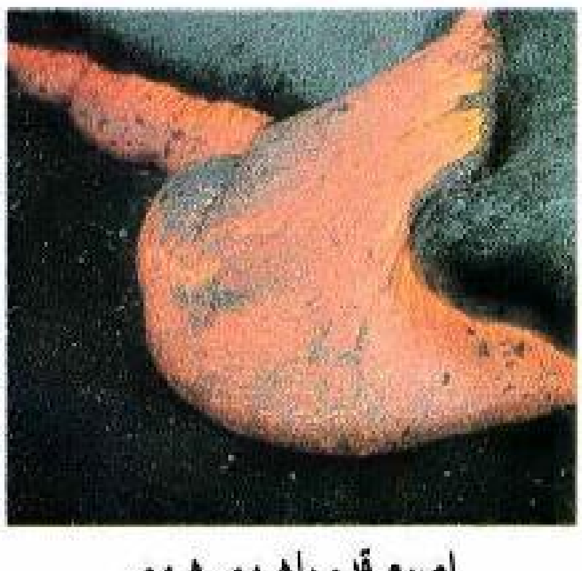
أهـ أهـ فى هاواى

مع الوهج الأحمر المتأجج فى ظلمة الليل، تبرز حرارة حمم أهـ أهـ الملتهبة من خلال القشرة السطحية للحمم الباردة. وبينما تتدفق الحمم إلى الأمام مثل الجرافات: تتساقط كتل الجفاء أسفل الحمم الزاحفة فتدهسها وتعبر فوقها. تبرد تدفقات الحمم ببطء شديد؛ ذلك أن الصخور موصل غير جيد للحرارة، وعندما تتجمد التدفقات؛ تتباطأ سرعتها وتصبح أكثر سمكًا.

تدفقات حمم باهوى هوى

تمتاز تدفقات حمم (باهوى هوى) بأنها أكثر سيولة من حمم (أهـ أهـ) كما تحتوى على نسبة أكبر من الغاز. وعندما يبرد سطح التدفق يكوّن قشرة رقيقة مرنة، إلا أن الحمم الساخنة فى الداخل تشوه السطح القشرى فتجعله يبدو مثل جدائل الحبل المفتول. وقد تصبح القشرة سميكة للغاية فيتمكن الأشخاص من السير فوقها فى حين تواصل الحمم الساخنة تدفقها داخل نفق سفلى (انظر الصفحة 23) وقد تعيد الحمم الملتهبة إذابة القشرة العلوية مرة أخرى وتجعلها تقطر، ولأن الأنفاق تحافظ على سخونة الحمم، فيمكن لحمم باهوى هوى أن تسيل حتى تصل إلى القرى الواقعة فوق منحدرات البركان المنخفضة.

كتلة صلبة من حمم باهوى هوى الحبلية



إصبع قدم باهـوى هـوى

توضح هذه الصورة حمم باهوى هوى الحمراء الساخنة وهى تنساب من خلال فتحة فى قشرتها فتكون قشرة جديدة فوق هذا الفيض المتسلل، تزحف تدفقات حمم باهوى هوى إلى الأمام حاملةً الآلاف من التدفقات الصغيرة الهاربة مثل تلك.

مسننة منجدلة

هذه كتلة من حمم الجفاء المحمولة على الطبقة السطحية لتدفقات أهـ أهـ، وقد انجدلت خلال تلك الرحلة مع مجرى التدفق الرئيسى.

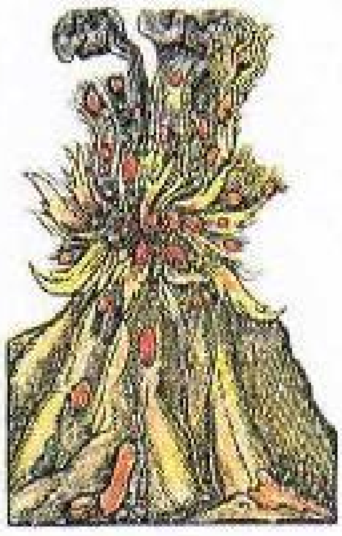
قطع صغيرة من الحمم المعاد صهرها والمتساقطة من سقف قناة حمم باهوى هوى

النار والمياه

عادة ما تكون الجزر البركانية مثل هاواى وأيسلندا محاطة بالشواطئ السوداء، وتتكون رمالها عندما تصطدم الحمم الساخنة بمياه البحار وتتفتت فتتحول إلى حبيبات رقيقة زجاجية سوداء اللون؛ ذلك أن الحمم غنية بالمعادن السوداء مثل أكاسيد الحديد، وتفتقر بعض الشىء إلى المعادن ذات الألوان الفاتحة مثل الكوارتز.

رمال سوداء من جزيرة سانتورينى البركانية فى اليونان

الصخـــور الناريـــة



تقذف البراكين بالحمم الحمراء الساخنة، وفى بعض الأحيان تتسرب الحمم ببطء من حفرة فى الأرض، وفى أحيان أخرى تتطاير فى الهواء على شكل نافورات نارية مذهلة، وتتجمع ثانية مع بعضها البعض عندما تتساقط على الأرض. وفى كلتا الحالتين تسيل الحمم فى أنهار من الصخور الساخنة وتنتشر لتغطى سطح الأرض قبل أن تبرد. وتعتبر النافورات النارية وتدفقات الحمم أمرًا شائعًا فى أيسلندا (انظر صفحتى 24-25) وهاواى (انظر صفحتى 22-23) ويمكن التنبؤ بها نسبيًا، وفى كثير من الأحيان يمكن المغامرة والاقتراب منها وتصويرها عن كثب، ولكن إذا كانت الحمم أقل ميوعة ومتنوعة المادة فإن الانفجارات البركانية تحدث من وقت لآخر فيما تتسرب الغازات البركانية من بين الصخور الساخنة. وعندما يتغير تكوين الغاز يمكن للبركان أن يتحول بدون سابق إنذار من نوع من الانفجار إلى نوع آخر، وتقذف الانفجارات البركانية بالقنابل والكتل وأجزاء من الحمم المتطايرة التى تكسو الأرض حول فتحة التنفيس، ومن الخطر الاقتراب من البراكين الأشد انفجارًا؛ لأن أحجام الانفجارات ومواعيدها تختلف.

الحمم المصهورة من جديد

تُفقد بعض الغازات المذابة فى الحمم عندما تنفجر وتبرد: وهذا الجزء من الحمم الذى كان باردًا قد تم تسخينه من جديد وأعيد صهره فى فرن خاص وقد تزبد سطحه كثيرًا مما دل على أنه مازال يحتوى على الكثير من غازه الأصلى.

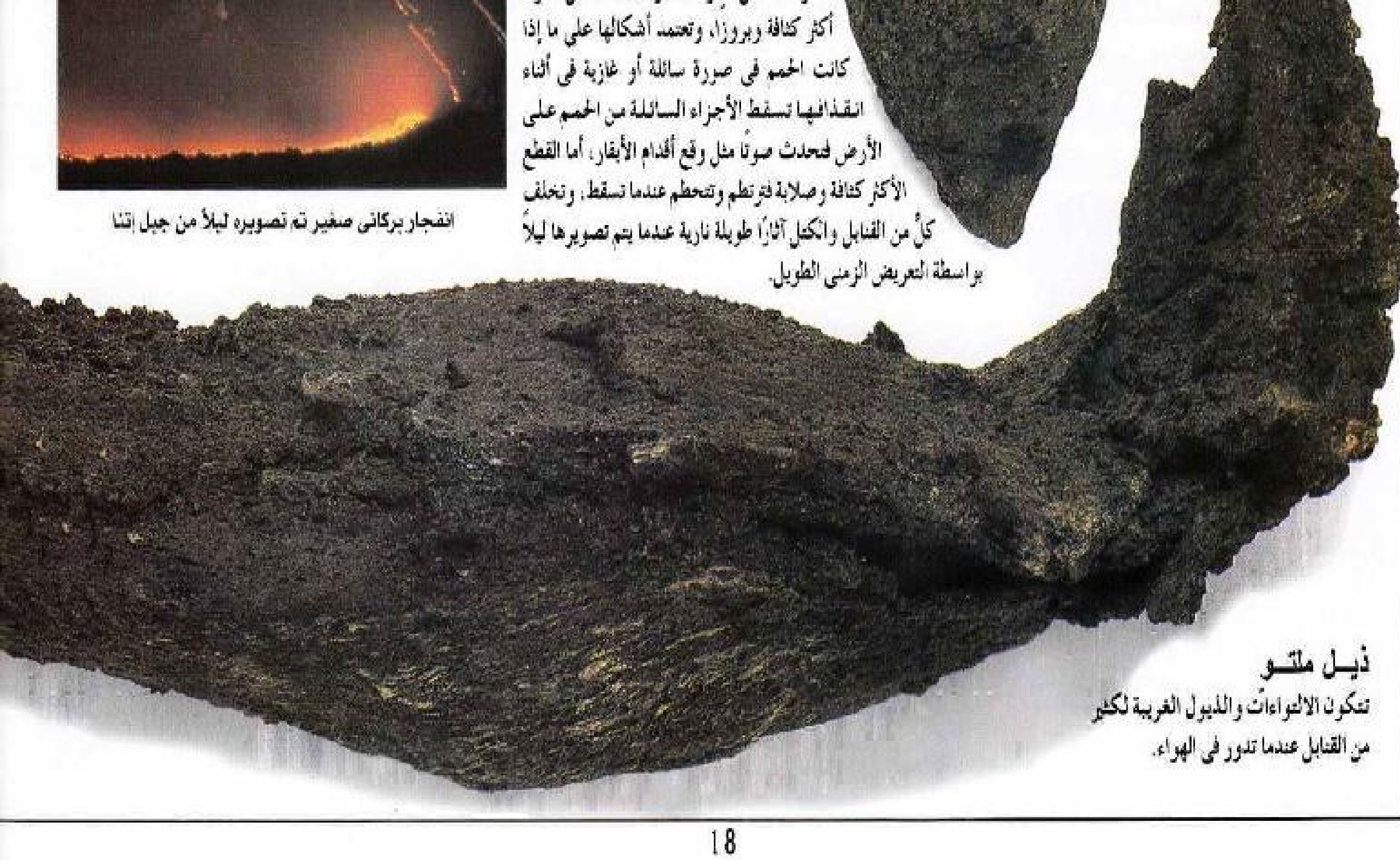
انفجار بركانى صغير تم تصويره ليلاً من جبل إتنا

قشرة حمراء من الهيماتيت تغطى هذه القنبلة التى ألقى بها بركان جبل إتنا فوق جزيرة صقلية الإيطالية (انظر صفحتى 6-7)

قنبلة مستديرة كثيفة

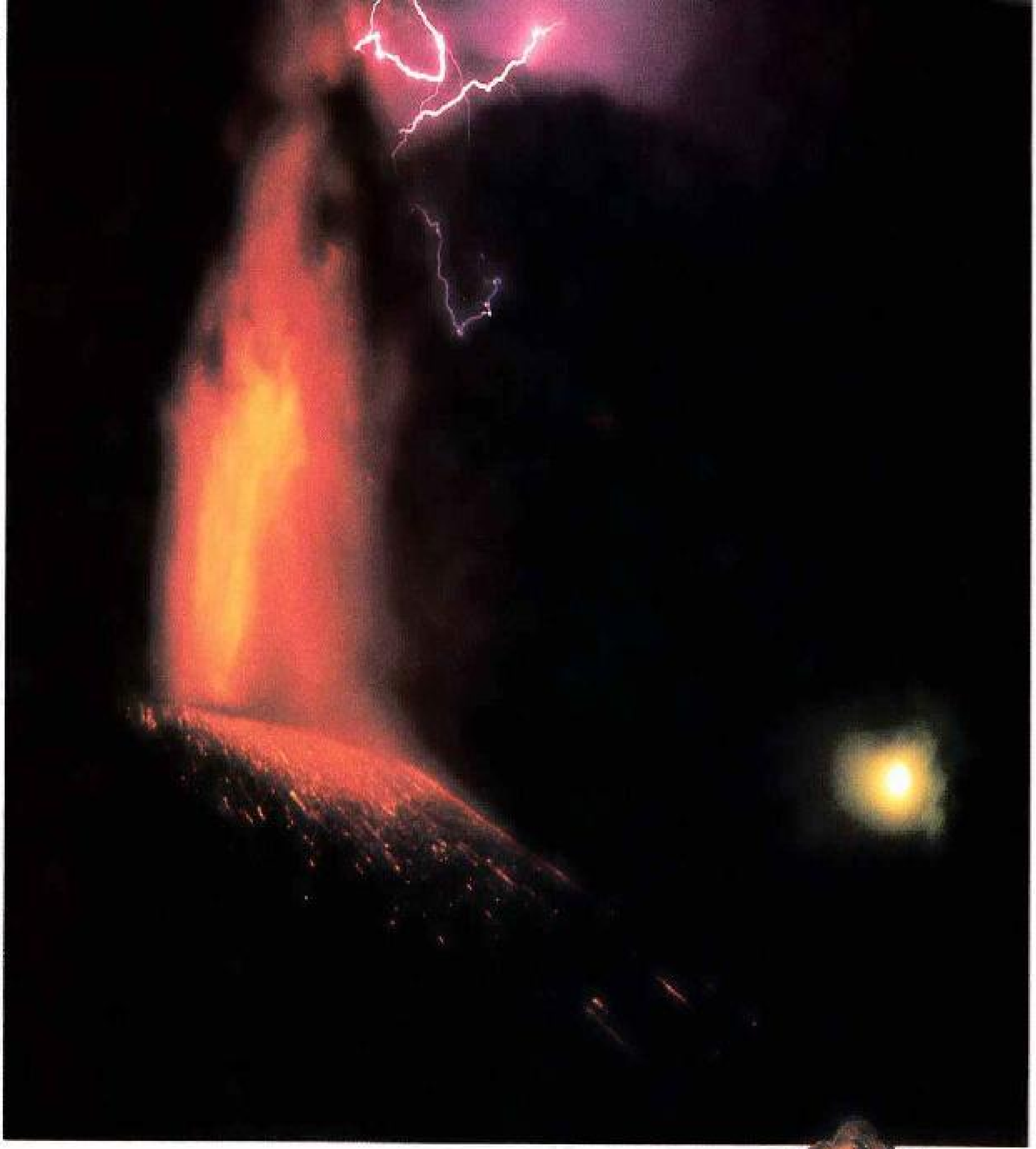
القنابـل والكتـل

قد تكون القنابل والكتل كبيرة فى حجم المنازل أو صغيرة فى حجم كرات التنس، وعادة ما تكون القنابل أكثر استدارة بينما الكتل تكون أكثر كثافة وبروزا، وتعتمد أشكالها على ما إذا كانت الحمم فى صورة سائلة أو غازية فى أثناء انقذافها تسقط الأجزاء السائلة من الحمم على الأرض فتحدث صوتًا مثل وقع أقدام الأبقار، أما القطع الأكثر كثافة وصلابة فترتطم وتتحطم عندما تسقط. وتخلف كلٌ من القنابل والكتل آثارًا طويلة نارية عندما يتم تصويرها ليلاً بواسطة التعريض الزمنى الطويل.



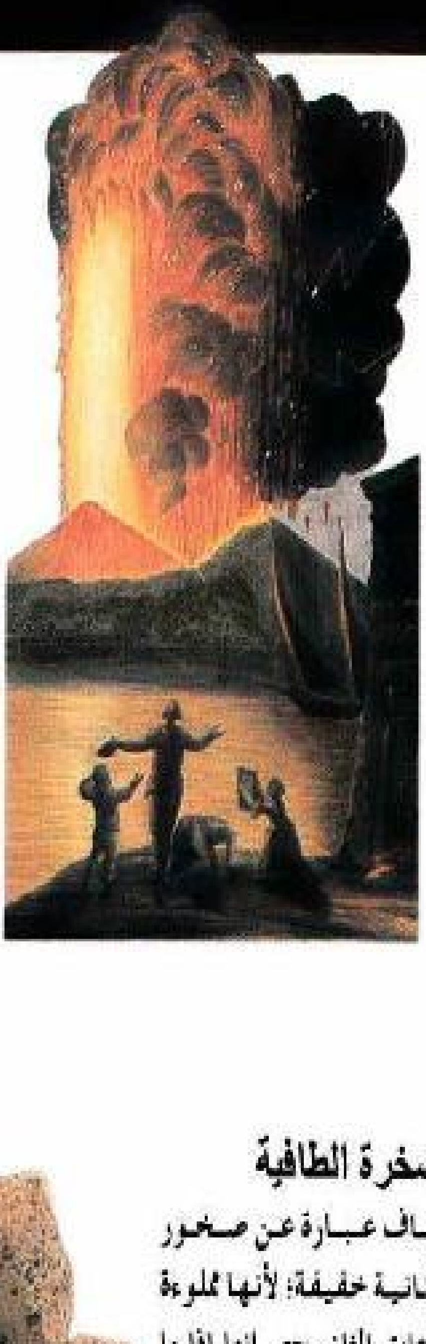
ذيـل ملتـو

تتكون الالتواءات والذيول الغريبة لكثير من القنابل عندما تدور فى الهواء.



ومضة البرق

أثناء الانفجارات البركانية يمكن رؤية العديد من ومضات البرق. وهي تنتج عن تراكم شحنات من الكهرباء الاستاتيكية التي تتولد عندما تحتك الأجزاء الدقيقة من الحمم في سحابة الرماد مع بعضها البعض. هنا تفرغ الشحنة الكهربائية على شكل صواعق تسرى داخل السحابة كما يحدث أثناء العاصفة الرعدية. في هذه الصورة نرى صواعق البرق في جبل تولباشيك في كامتشاتكا بسيبيريا، وقد التقطت أثناء النهار، ويمكن أن نرى الشمس في أقصى يمين الصورة وهي ترسل ضوءًا خافتًا من خلال سحابة الغبار والغاز.



ومضات فيزوف

رأى السفير البريطاني إلى نابولي، اللورد هاميلتون، ومضات البرق في أثناء مشاهدته لثورة بركان جبل فيزوف عام 1779 (انظر صفحة 31).

الطفو فوق بحيرة حمضية

هنا يقوم علماء البراكين بجمع عينات من الغازات البركانية من سطح بحيرة حمضية في فوهة بركان كاوا إيدجن، حيث تذاب الغازات المتصاعدة من البركان في مياه البحيرة، والتي تشغل حيزًا كبيرًا من فوهة البركان، ومثل هذه البحيرات الحمضية معادية للحياة، حيث يمكنها أن تلتهم جلد من يسبح فيها في دقائق معدودة.

الصخرة الطافية

الخفاف عبارة عن صخور بركانية خفيفة؛ لأنها مملوءة بفقاعات الغاز، حتى إنها إذا ما احتوت على كمية كافية من الفقاعات فإن تلك الصخرة الغريبة قد تطفو على سطح المياه.

الغـــاز والبـرق

الكابتن هادوك وصديقاه يفرون من الغازات الكبريتية المنبعثة من أحد البراكين في مغامرة تان تان «الرحلة 714 المتجهة إلى سيدني»

إن الغازات البركانية في غاية الخطورة، ففي أغسطس 1986 أطلق انفجار صغير في بحيرة نيوس بالكاميرون في وسط إفريقيا سحابة من الغازات البركانية، وأدى الدخان السام إلى مقتل 1700 شخص من سكان القرى الذين يعيشون أسفل البحيرة. العنصر الرئيسي القاتل في السحابة هو ثاني أكسيد الكربون حيث إنه غاز ثقيل يسيل أسفل الجبل ويتجمع في التجويفات، وتكمن خطورة ثاني أكسيد الكربون في أنه عديم الرائحة، وبالتالي يصعب تمييزه - على عكس الكثير من الغازات البركانية ذات الروائح النفاذة. فرائحة كبريتيد الهيدروجين تشبه رائحة الكرنب الفاسد، أما الغازات الحمضية مثل كلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريت فإنها تؤلم العين والحلق، كما أنها تأكل الملابس تاركة ثقوبًا ذات هالات بيضاء حولها، أما فلوريد الهيدروجين فهو غاز سام للغاية حتى إنه قد يتمكن من ثقب الزجاج. وأغلب الظن أن مراقبي البراكين الأوائل الذين شاهدوا ألسنة لهب تتصاعد خلال الثورات البركانية، كانوا ينظرون إلى ستائر كبيرة من الغازات المتوهجة، ذلك أن ألسنة اللهب تنطلق عندما يشتعل غاز الهيدروجين، ولكنها تكون ضعيفة ومن الصعب رؤيتها، الأمر المثير للدهشة أكثر هو ومضات البرق التي كثيرًا ما تظهر في أثناء ثورة البراكين الرمادية.

روائح كريهة تتصاعد

على الرغم من مضي ما يناهز الأربعين عامًا منذ آخر ثورة لبركان كاوا إيدجن في جاوة، إندونيسيا فإن الكبريت والغازات الأخرى لاتزال تتسرب من فوهة البركان، وفي هذه الصورة تقوم عالمة البراكين (كاتيا كرافت) بجمع عينات من الغازات من قاع الفوهة.

البخار يساعد الثورة البركانية

تتمدد المياه بصورة هائلة عندما تتحول إلى بخار، ولهذا فعندما تلتقي الصهارة مع المياه فإن قوة الانفجار تكون أكبر عشرات المرات، فعندما تكونت جزيرة سيرتسي الجديدة قبالة ساحل أيسلندا في نوفمبر 1963 (انظر الصفحة 41) تدفقت مياه البحر إلى منفذ البركان واصطدمت بالصهارة الساخنة، الأمر الذي أدى إلى حدوث انفجارات مذهلة وظهور سحب كثيفة من البخار.

عالم براكين يدرس تدفقات الحمم في هاواي واضعًا قناع الغاز الذي يمنحه الأمان

قنــاع الغــاز

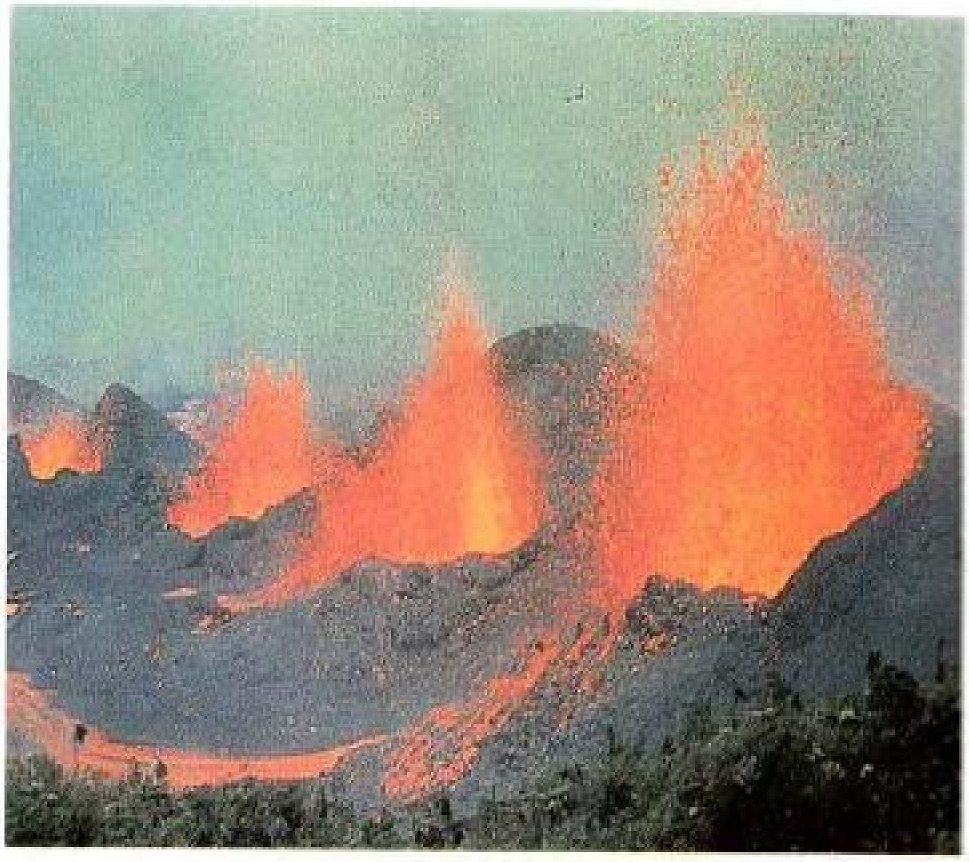
بالإضافة إلى تصميمه لحماية من يرتديه من التركيزات المنخفضة للغازات الحمضية، فإن قناع الغاز هذا يعمل أيضًا على إبعاد كل شيء فيما عدا الغبار البركاني الدقيق.

شعر بيليه

قد تتطاير الحمم الملتهبة السائلة المندفعة من النافورة النارية بهاواى في صورة خيوط دقيقة تعرف باسم شعر بيليه.

البقعة الساخنة المتجولة

كثيراً ما تثور براكين البقاع الساخنة ومن السهل نسبيًا الاقتراب منها والتقاط الصور لها. وهذا هو بركان بيتون دو لا فورنيز الواقع فوق جزيرة ريونيون في المحيط الهندي (انظر الصفحة 11) وتعتبر الجزيرة رأس بركان ضخم يرتفع 7كم (4 أميال) فوق قاع المحيط، ولقد تحركت البقعة الساخنة 4000كم (2500ميل) على مدار الـ 30 مليون عام السابقة.



تجمدت الحمم حول هذه الشجرة تاركة قالبا شجرى الشكل

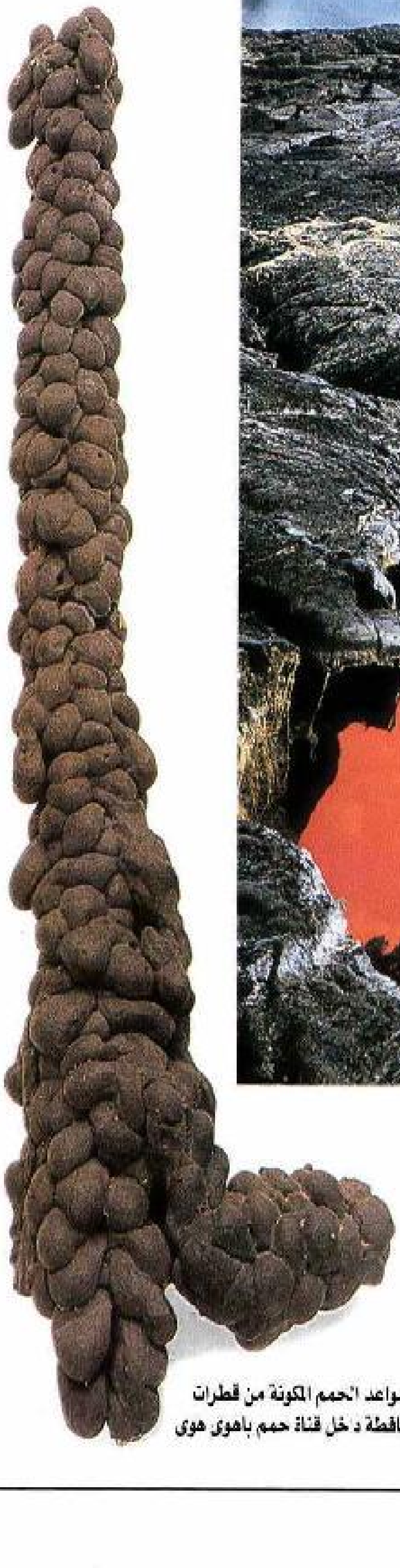
طريق ردمته الحمم في أثناء ثورة بركان كيلاوى

فوق ألسنة اللهب

تظل الحمم ساخنة وفى حالة سائلة وهى داخل القنوات، وبالتالى يمكنها أن تتدفق لعدة كيلو مترات بعيدًا عن منفذها مبتلعة في طريقها الأراضى الخصبة والقرى.

قناة الحمم

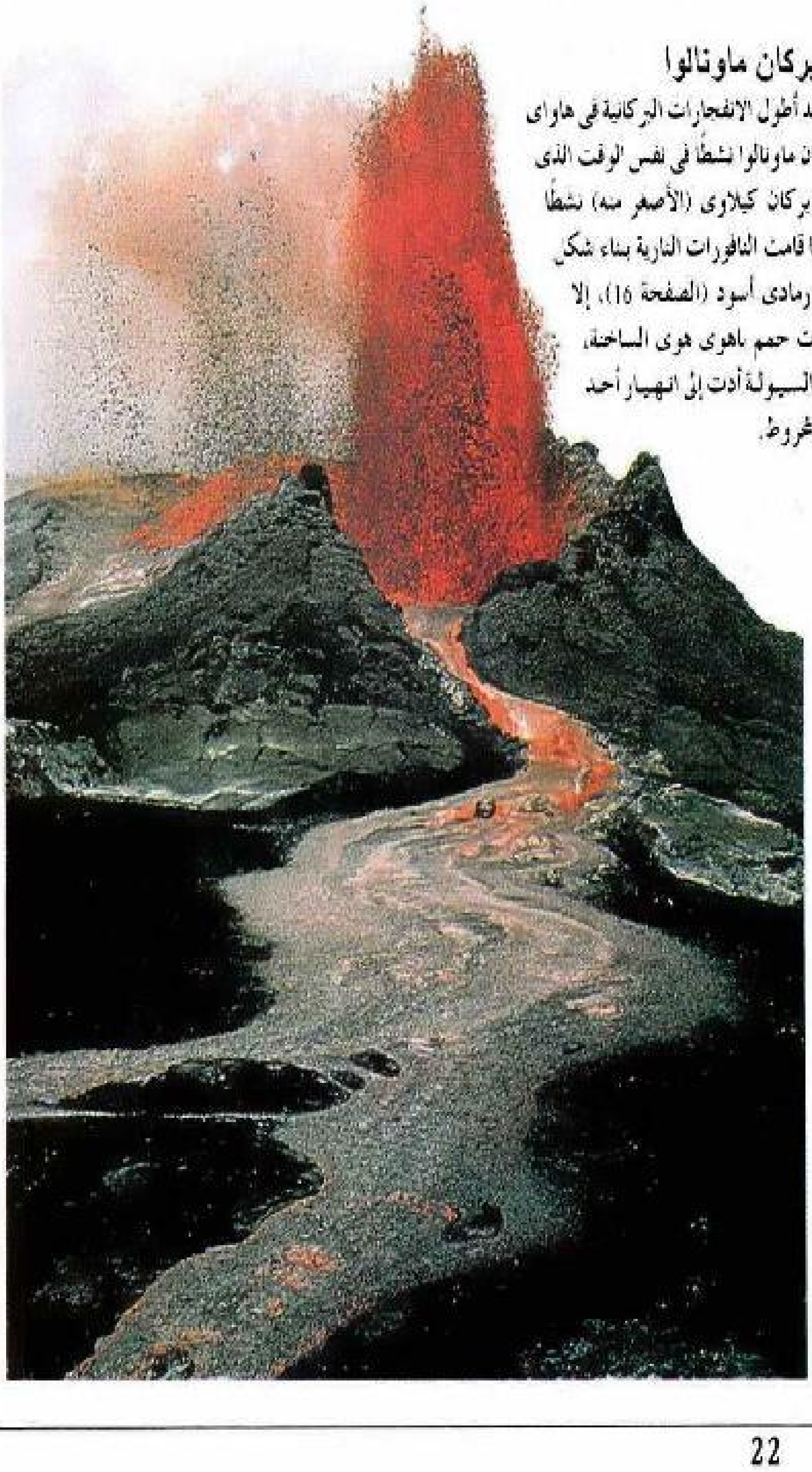
قد يكتسى سطح تدفقات حمم باهوى هوى بقشرة فتتحول إلى سقف سميك يمكن السير فوقه. وعلى بعد متر واحد أو ما يقرب من هذا إلى أسفل تواصل الحمم الملتهبة تدفقها داخل نفق أو «قناة». وتؤدى الانهيارات العارضة في السقف إلى فتح نافذة يمكن من خلالها مراقبة الحمم وقياسها، وتكون الحمم الساخنة التى تقطر من باطن السقف تشكيلات غريبة تسمى الصواعد والهوابط.



صواعد الحمم المكونة من قطرات متساقطة داخل قناة حمم باهوى هوى

البقـــاع الساخنـــة

إن أكبر البراكين على سطح الأرض هى تلك الواقعة فوق البقاع الساخنة، حيث يقع اثنان من أكبر البراكين ـ ماونالوا وكيلاوى ـ فوق جزيرة هاواى. فسلسلة جزر هاواى تمثل رأس السلسلة الجبلية الكبيرة الموجودة تحت سطح البحر، والتى تكونت عبر ملايين السنوات عندما قذفت البقعة الساخنة بكميات هائلة من الحمم على اللوح المتحرك فوقها. والبقاع الساخنة موزعة توزيعًا عشوائيًا وعلاقتها ضعيفة ـ إن لم تكن معدومة ـ بحافات الألواح كما هى الآن (انظر صفحات 12-15)، ويعتقد بعض الجيولوجيين فى وجود علاقة ما بين بعض البقاع الساخنة وحافات الألواح القديمة. أما التصدعات التى كانت جزءًا من نظام الحافات القديمة فلا تزال تقوم بدورها كقنوات تتسرب من خلالها الصهارة إلى السطح، مما يؤدى إلى تقليل الضغط على الوشاح، والذى بدوره يساعد على مزيد من الانصهار فتتكون بذلك المزيد من الصهارة التى تغذى البقعة الساخنة. وعلى الجانب الآخر فإن بعض البقاع الساخنة الأخرى قد تكون هى البادئة بتكوين حافات الألواح الجديدة، فأيسلندا تعتبر بقعة ساخنة يصل عرضها إلى 2000كم (1200ميل)، ولولا وجود هذا الهيكل البركانى الضخم الذى يدعمها لأصبح معظم شمال غرب أوروبا واقعًا تحت مستوى سطح البحر.



ثورة بركان ماونالوا

خلال أحد أطول الانفجارات البركانية فى هاواى كان بركان ماونالوا نشطًا فى نفس الوقت الذى كان فيه بركان كيلاوى (الأصغر منه) نشطًا أيضًا. هنا قامت النافورات النارية ببناء شكل مخروطى رمادى أسود (الصفحة 16)، إلا أن تدفقات حمم باهوى هوى الساخنة، شديدة السيولة أدت إلى انهيار أحد جوانب المخروط.

إلهـة البركـان

يعتقد بعض سكان هاواى أن الإلهة القوية بيليه تصنع الجبال وتذيب الصخور وتدمر الغابات وتبنى الجزر الجديدة، ويقال إن هذه الإلهة النارية تعيش فى فوهة بركان «هاليما أوما أو» فوق قمة بركان كيلاوى الواقع فى جزيرة هاواى.

سلسلة جزر

يتحرك لوح المحيط الهادى فوق البقعة الساخنة الثابتة بهاواى، والموجودة حاليًا أسفل الطرف الجنوبى لجزيرة هاواى. يوجد فوق الجزيرة بركانان نشيطان: هما ماونالوا وكيلاوى، والثالث هو بركان لويهى المتنامى أسفل البحر فى اتجاه الجنوب. ويتكون الطرف الشمالى فى جزيرة هاواى من براكين قديمة هامدة بالإضافة إلى سلسلة من الجزر البركانية الأقدم الواقعة فى الشمال الغربى.

أشكال الوسادات الدائرية التى عادة ما تتخذها الحمم المتدفقة تحت مياه البحر

قريدس أعماق البحر

اكتشف هذا النوع الجديد من القريدس فى صدع جالاباجوس فى المحيط الهادئ عام 1979.

ديدان أنبوبية تتغذى على الكبريت فى صدع جالاباجوس

المـداخـن السـوداء

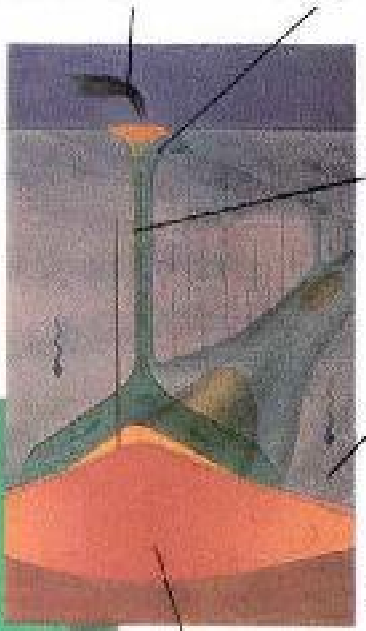
توجد هذه الينابيع الساخنة على طول الصدوع الممتدة وخاصة فى البقاع النشطة منها، وتكون المياه المتدفقة منها ساخنة، وحمضية وسوداء، حيث إنها تحتوى على كبريتيدات النحاس والرصاص والزنك، وتأتى هذه المعادن النفيسة من اللوح المحيطى الجديد الذى يتكوَّن عند الصدوع، وهى تذوب فى مياه البحر التى تتخلل الصخور الباردة.

كتـل المنجنيـز

يكتسى قاع المحيط بكتل سوداء غنية بالمنجنيز والمعادن الأخرى، وإذا ما تم العثور على طريقة يمكن من خلالها تجميع هذه الكتل من المياه العميقة فإن هذه الكتل قد تصبح مصدرًا للمعادن القيمة.

الحياة بدون ضوء الشمس

تعتمد أشكال الحياة المتعددة والغريبة حول المداخن السوداء على الحرارة البركانية والمعادن خاصة الكبريت. وقد شوهدت هذه القنافذ البحرية فوق صدع جالاباجوس.



نموذج للمداخن السوداء

قنوات تغذية الحمم

يمكن أن نرى قناتين عتيقتين لتغذية الحمم فى تلك الصخرة التى تظهر فى الأعلى.

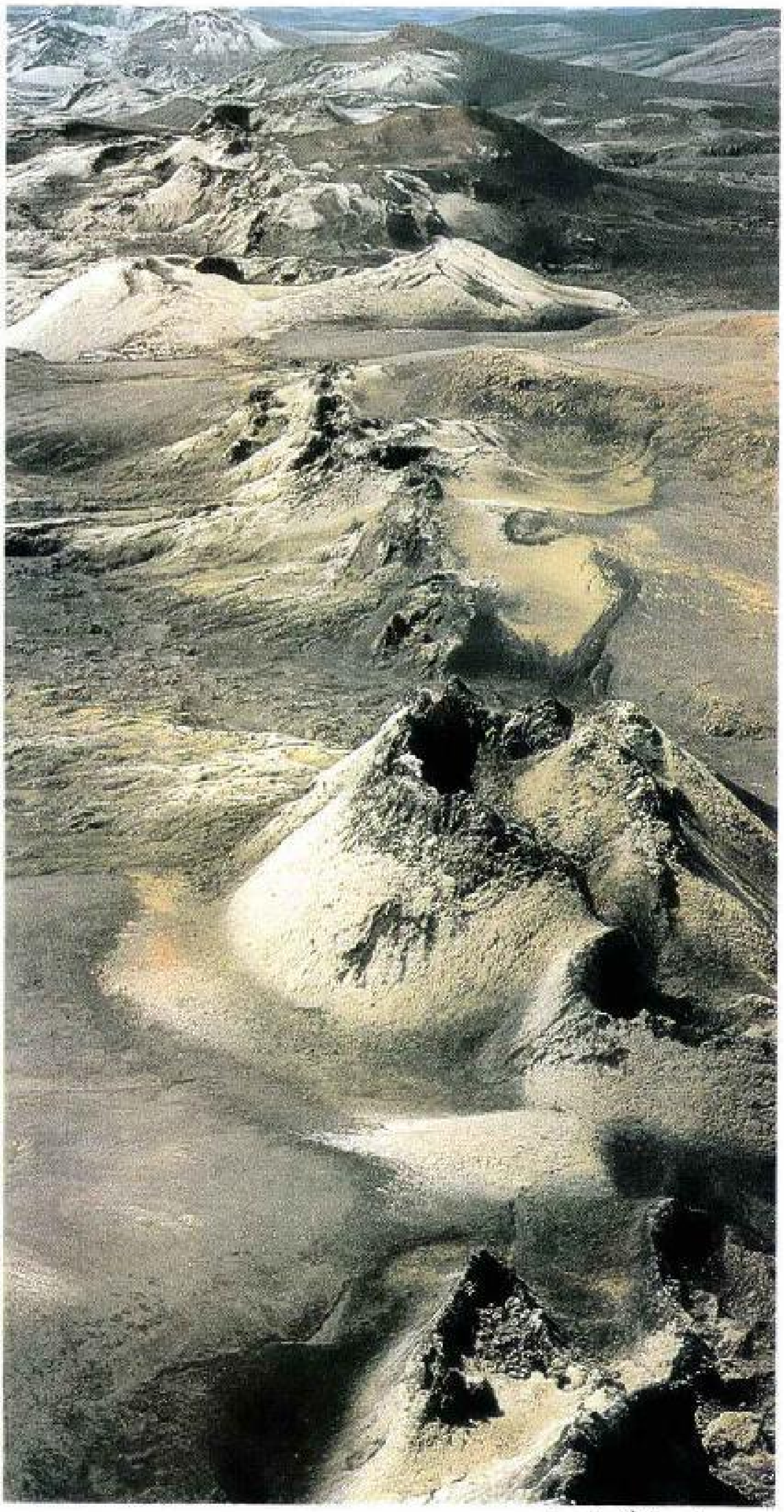
أنابيـب المدخنـة

تتجمد كبريتيدات المعادن لدى تعرضها لمياه المحيط الباردة، وتتخذ شكل بلورات تكون أنابيب المدخنة التى تحيط بأفواه المداخن السوداء. وتنمو هذه المداخن باطراد ولا تنهار إلا عندما تصبح طويلة للغاية.

الجابرو إحدى الصخور البلورية الخشنة من خزان الصهارة فى قاع البحر العميق بجزيرة قبرص

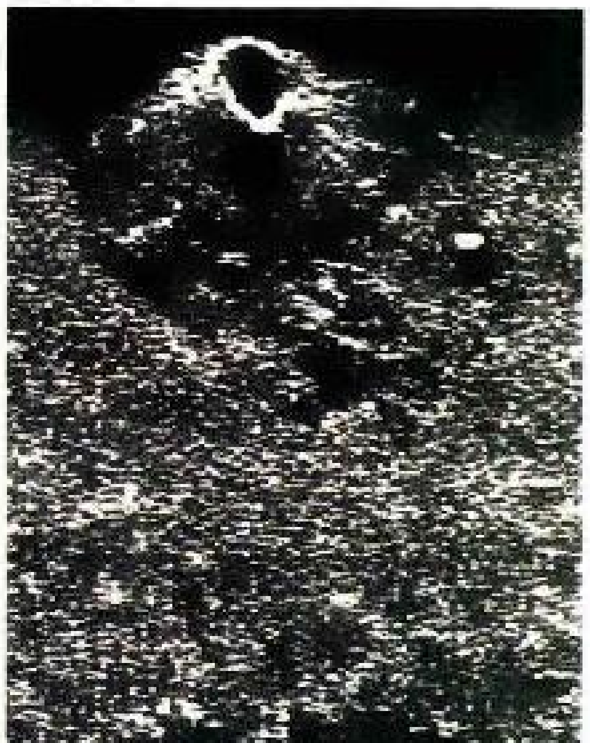
الصدوع الممتدة

تتسم كل الصخور التى تشكل قيعان المحيطات بأنها حديثة التكون، وعمرها فى أى مكان لا يزيد على 200 مليون عام، ويرجع هذا إلى التجدد المستمر للألواح المحيطية بسبب الثورات البركانية التى تحدث على أعماق بعيدة تحت مياه المحيط. تشق سلسلة طويلة من الجبال طريقها عبر قاع المحيط بصورة ملتوية ويقطعها من المنتصف وادٍ صدعى، وتثور البراكين فى هذا الوادى الصدعى بصورة مستمرة مكوّنة صخورًا بركانية جديدة. ونظرًا للضغط الهائل لمياه المحيط تتدفق الحمم ببطء مثلما يخرج معجون الأسنان من الأنبوب، مكونةً أشكالاً دائرية يُطلق عليها «وسائد الحمم». تملأ الصخور الجديدة منطقة الصدع المتسع، بينما تتباعد الألواح بعضها عن بعض. وبهذه الطريقة تتسع المحيطات قليلاً بما يعادل سنتيمترًا أو ما يقرب من هذا فى السنة. وفى بعض المناطق تفور الصدوع بالينابيع البركانية الساخنة أو ما يعرف باسم المداخن السوداء والتى تطلق مياهًا غنية بكبريتيدات المعادن. وقد تم اكتشافها للمرة الأولى عام 1977. ومنذ ذلك الوقت خضعت المداخن السوداء للكثير من الأبحاث، فهى موطن لأشكال من الحياة لا توجد فى مكان آخر على سطح الكوكب.



صدع داخل أيسلندا

فى أيسلندا يستطيع الجيولوجيون دراسة الصدوع دون أن يتعرضوا للبلل. وفى الصورة نرى صدع سكافتار وهو جزء من صدع طويل يمتد لمسافة 27 كم (16 ميلاً) تكوّن عام 1783 وأطلق 13 كم مكعبًا (3.1 ميل مكعب) من الحمم على مدى ثمانية أشهر. وقد قتل الغبار والغاز 75٪ من الحيوانات فى أيسلندا كما توفى 10000 شخص من سكان أيسلندا فى المجاعة التى تبعت ذلك.



بركان تحت البحر

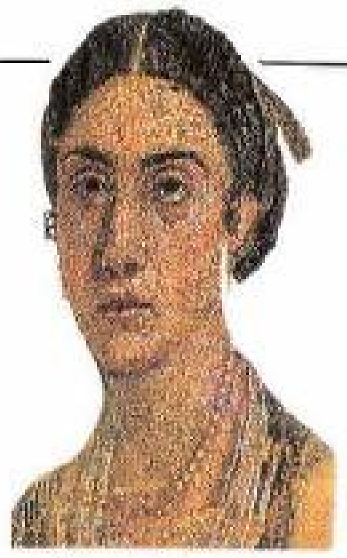
التقط جهاز سونار المسح الجانبى بعيد المدى المعروف باسم «جلوريا» هذه الصورة لبركان على عمق 4000م (13000 قدم) تحت مياه المحيط الهادى، ويمتد البركان لمسافة 10كم (6 أميال) عبر المياه.

تعطى الثورات البركانية فى أيسلندا لمحة عن الكيفية التى تتمكن بها الصدوع الممتدة من تكوين ألواح محيطية جديدة، فمعظم الثورات البركانية هنا تنطلق من الشقوق الطويلة، بدلاً من الفوهات المركزية.

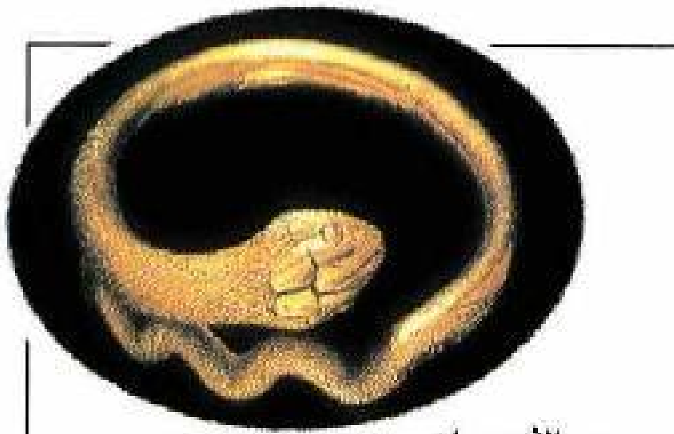
القارة المنشطرة

يشق قاع البحر الأحمر صدع ممتد، وعلى مدى العشرين مليون عام السابقة كان هذا الصدع سببًا فى تكون قاع جديد للمحيط، حيث تتباعد شبه الجزيرة العربية عن إفريقيا.

الغواصة ألفين التى تلتقط صورًا لصدوع وسط المحيط



صورة لشاعرة أو لأميرة هى أحد تفاصيل لوحة مصنوعة من الفسيفساء فى بومباى



سحر الثعبــان

عُثر على مجوهرات من الذهب والفضة الخالصة بعضُها مرصّع بالزمرد فى تلك المدينة المدفونة. هذا السوار المجوّف على شكل ثعبان ملتف مصنوع من الذهب السميك. وانتشرت حينها أشكال بعينها من الحلى، فقد عثر على أكثر من 80 نسخةً من نوع واحد من الأقراط مما يوحى بأنه كان هناك إنتاج كمّى لبعض الموديلات الشائعة.

سلطانية من البيض المحفوظ

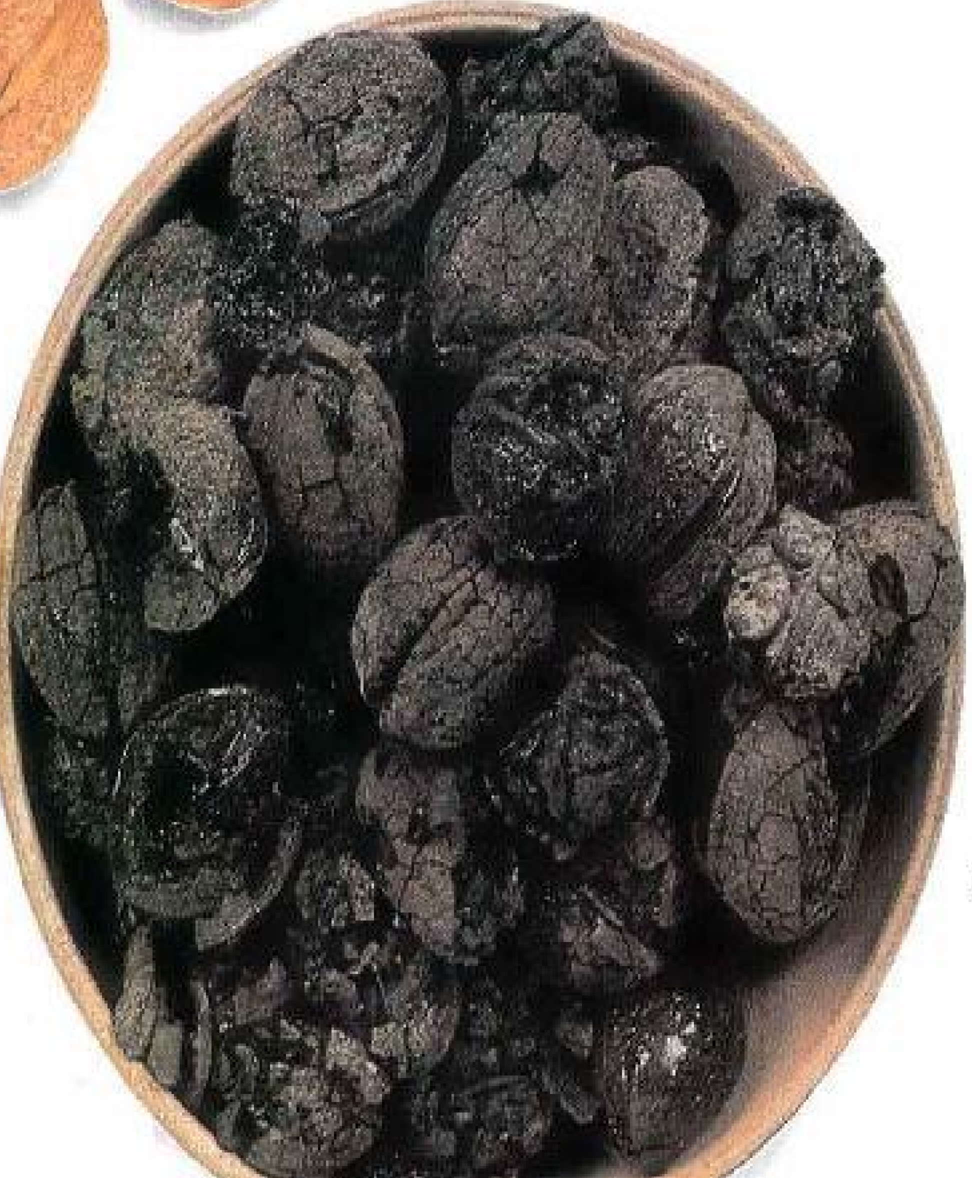
عين جمل طازج

تين طازج، مازال ينمو على منحدرات جبل فيزوف

سلطانية من التين المكربن

الطعــام المكربــن

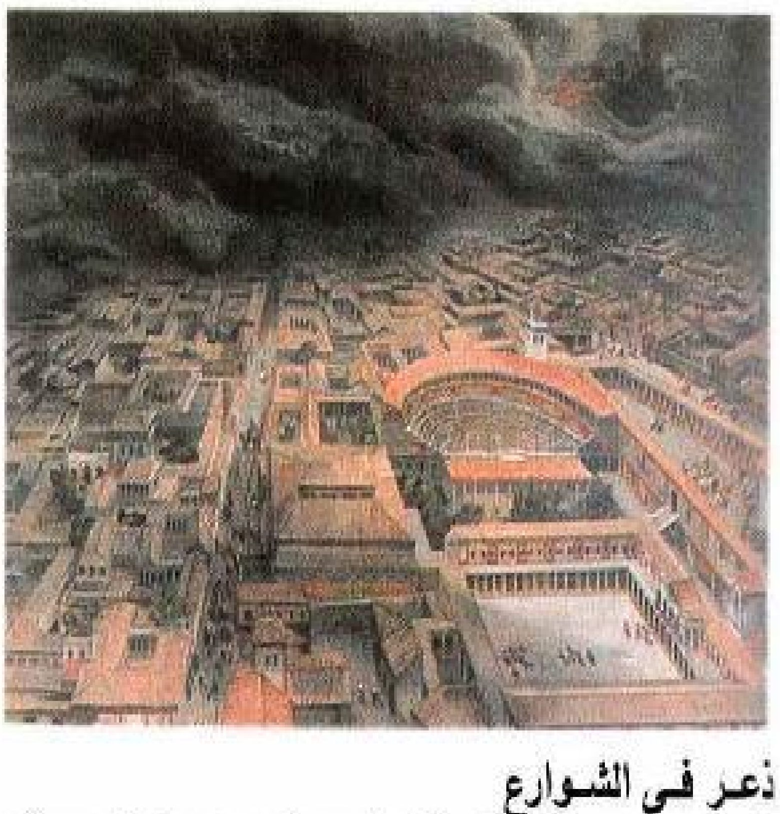
تحتوى المركبات العضوية مثل الخشب والعظام والطعام على الكربون، ومن الطبيعى أن تحترق عندما تتعرض للحرارة، ولكن فى بعض الحالات يمنع الرماد الساخن والغاز الأكسجين من الاتحاد مع الكربون، وبالتالى تتحول المركبات إلى فحم، هذه العملية التى يُطلق عليها اسم الكربنة حفظت التفاصيل الدقيقة للكثير من الأطعمة بشكل مثالى فى الرماد الدقيق.



سلطانية من عين الجمل المكربنة

وفـاة بلينى الأكبر

فى أحد الخطابات كتب بلينى الأصغر عن عمه ومسئول آخر كانا يهربان وهما لا يملكان غير «وسادتين مربوطتين على رأسيهما بمنديلين، وكانت تلك وسيلتهما الوحيدة لحماية أنفسهما من عاصفة الأحجار التى سقطت حولهما، كانت أشعة الشمس تضىء الدنيا من حولهم إلا فى ذلك المكان حيث عم ظلام أشد من ظلام ليلة دامسة. رفع عمى نفسه بمساعدة اثنين من خدمه، وعلى الفور سقط ميتًا، مختنقًا، على ما أعتقد من بعض الأبخرة الكثيفة المؤذية.. ولقد عثر على جسده بالكامل وكان يبدو كما لو كان رجلاً نائمًا وليس ميتًا».



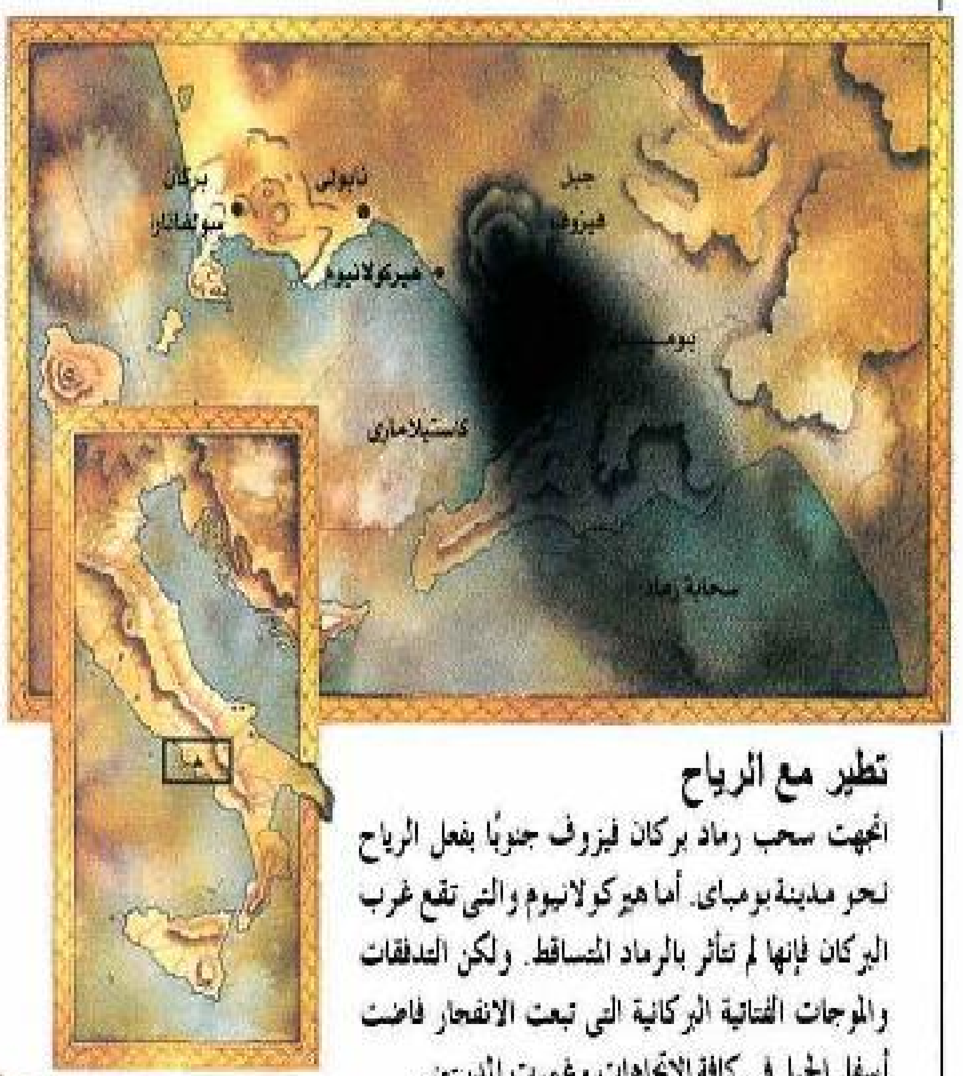
ذعر فى الشــوارع

يمكن أن نرى المسرح الكبير (المبنى المكشوف نصف الدائرى) وحلبة المصارعين (أمام المسرح) فى هذه اللوحة التى تصور انطباع الفنان عن التدمير الذى حدث فى بومباى، وفى الشوارع المزدحمة نشاهد الناس يجرون لينقذوا أنفسهم من السحب السوداء المخيفة.

ثـورة بركـان فيـزوف الهائلـة

بلينـى الأصـغر
شهد هذا الدارس سحب الانفجار البركانى عبر خليج نابولى، حيث كان يقيم مع عمه بلينى الأكبر.

ربما كانت أشهر الثورات البركانية على مر العصور هى تلك التى هزت جبل فيزوف بالقرب من نابولى بإيطاليا عام 79 بعد الميلاد، فعندما اندلع البركان الذى ظل خامدًا لمدة طويلة - فى الرابع والعشرين من أغسطس، كانت تلك مفاجأة أذهلت سكان مدينتى بومباى وهيركولانيوم الرومانيتين، فقد تساقط الرماد الساخن واللوبيات على مدينة بومباى على مدى ساعات حتى دُفنت تحت الأرض لمسافة أمتار عديدة. هرب الكثير من الناس بعدما أصابهم السعال، وتعثروا خلال الظلام الذى سببته سحب الرماد. أما السكان الذين لم يستطيعوا الفرار من المدينة؛ فقد غمرتهم عاصفة قوية مفاجئة من الرماد والغاز (موجة فتات بركانى صفحة 16). وقد وصف بلينى الأصغر أحداث تلك الكارثة بالتفصيل، فخطاباته الشهيرة التى بعث بها إلى تاسيتوس هى أول رواية معروفة لشاهد عيان تتحدث عن الثورات البركانية. كانت المدن المدفونة قد نسيت حقًا حتى بدأت أعمال التنقيب فى القرن الـ 18، حيث أسفرت أعمال الحفر عن العثور على كنز أثرى وجيولوجى لا يقدر بثمن عبارة عن مدينتين رومانيتين مزدهرتين، ولكنهما تجمدتا فى لحظات تدميرهما.



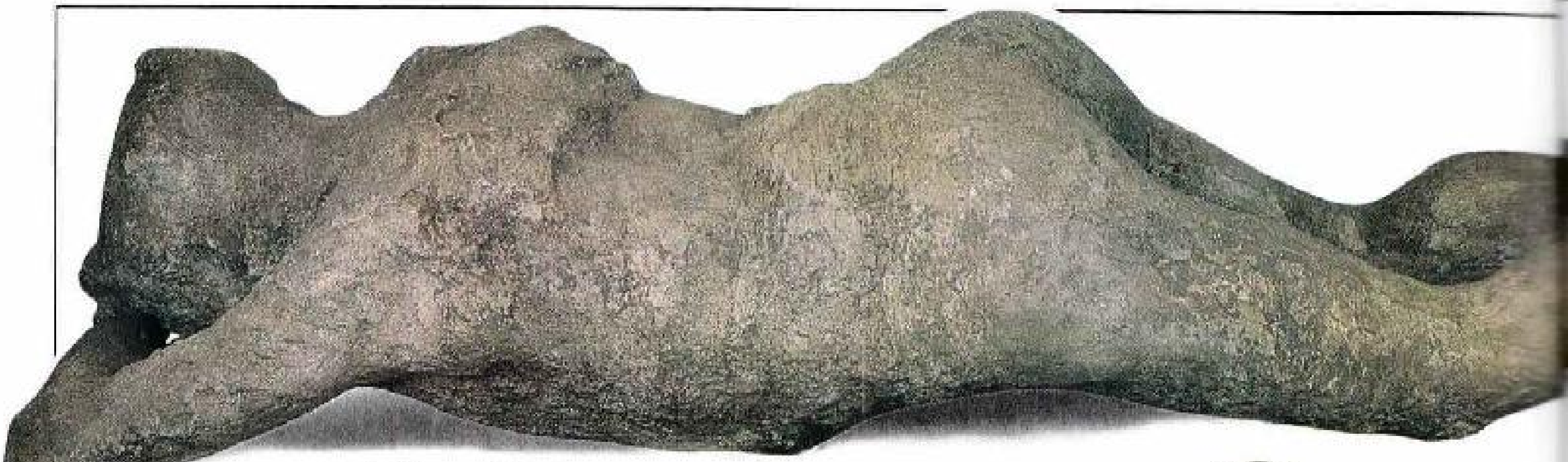
تطير مع الرياح
اتجهت سحب رماد بركان فيزوف جنوبًا بفعل الرياح نحو مدينة بومباى. أما هيركولانيوم والتى تقع غرب البركان فإنها لم تتأثر بالرماد المتساقط. ولكن التدفقات والموجات الفتاتية البركانية التى تبعت الانفجار فاضت أسفل الجبل فى كافة الاتجاهات وغمرت المدينتين.

خبـز محمـص
هذا الرغيف المكربن هو واحد من الأرغفة العديدة التى عثر عليها فى فرن خباز مصنوع من الطوب. ولايزال ختم الخباز واضحًا حتى الآن بعد قرابة 2000 عام مرّت على خبز الرغيف.

احذر من الكلـب
هذه الفسيفساء الأرضية وجدت فى أحد مداخل مدينة بومباى والغرض منها تحذير المتطفلين، وهناك فسيفساء مماثلة كتب عليها باللاتينية: «احذر من الكلب».

مطحنة دقيق مصنوعة من الحمم وصخرة صلبة تستخدم أيضًا فى رصف الشوارع

خبز إيطالى حديث



قالب جبسى لرجل لقى مصرعه
وهو يغطى وجهه بيديه

قُتل فى أثناء الخدمة

عندما زار الكاتب الأمريكي مارك توين مدينة بومباى، فإن أكثر الأشياء التى تأثر بها كانت بقايا جندى ظل فى موقعه «حتى أحرق الجحيم الذى اندلع حوله الروح الشجاعة التى لم يستطع هزيمتها».

جزء من جمجمة السيدة يظهر من خلال القالب

أم وطفلهـا

كانت هذه الأم تحاول أن تقي طفلها عندما غمرهما الرماد والغاز الخارقان، وقد تم العثور على جثتيهما معًا بالإضافة إلى جثث عائلات أخرى كثيرة في حديقة الهاربين.

رواسب تدفقات الفتات البركانى

رواسب موجات الفتات البركانى

الرماد واللوبيات

طبقـات الصخـور

دفنت بومباى لمسافة ٢م (٦ أقدام) تحت طبقة من الرماد واللوبيات ثم موجتين من الفتات البركاني وتدفق حممي هائل.

فيوريللى يدون ملاحظات دقيقة فى أثناء إشرافه على عمليات التنقيب

تحذير لحماية الصحة

عثر على هذا الهيكل المصنوع من الفسيفساء بالقرب من بومباى وهو «تذكرة بالموت» حيث يحمل الهيكل أباريق خمور ربما ليحذر الرومان من مخاطر معاقرة الخمر.

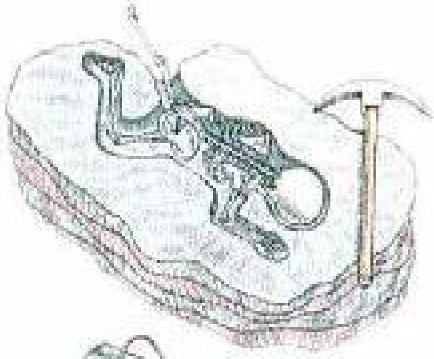
الكلب الوفى

مات كلب الحراسة هذا الذى عثر عليه فى منزل فيسونيوس بريموس فى مكانه وهو لايزال مقيدًا بسلسلة مثبتة فى طوق رقبته البرونزى.

فى لحظات المـوت

لقى أكثر من 2000 شخص مصرعهم فى مدينة بومباى عندما ثار بركان جبل فيزوف ودمر المدينة الرومانية، واستطعنا التعرف على أولئك المواطنين الرومانيين من خلال القوالب الجبسية التى تصورهم لحظة وفاتهم، فعندما توفى سكان بومباى الفارون تجمع الرماد والخفاف حول أجسادهم مثل الأسمنت اللين، وبمرور الوقت تحللت أجزاء الجسم اللينة وتحول الرماد والخفاف إلى صخور صلبة، ولم يتبق من جثث الموتى سوى تجاويف فى الصخور، وبداخلها العظام الصلبة فقط.

وفى عام 1860 كلّف ملك إيطاليا جوزيبى فيوريللى بإدارة عملية التنقيب، وبدأ فيوريللى أولى عمليات التنقيب المنظمة على نطاق واسع داخل المدينة القديمة، كما أنه ابتكر طريقة لإزالة الهياكل العظمية من التجاويف وملء الفراغ بجبس سائل، وعندما يتجمد الجبس يمكن استخراج أشكال من بين الصخور البركانية تجسد بحق وضع كل جثة لحظة الوفاة، وتصور الكثير من هذه القوالب المروعة أشخاصًا على وجوههم قسمات التكشير، أو كانوا يحاولون الهرب أو جاثمين بالقرب من بعضهم البعض فى فزع. تستمر أعمال التنقيب فى بومباى حتى اليوم وتستخدم طريقة فيوريللى كلما تم العثور على مواضع جثث جديدة، وقد استخدمت هذه الطريقة أيضًا لصنع قوالب للحيوانات والشجر والأبواب والأثاث والعربات.



اكتشاف تجويف الجسد

يتم ملء التجويف بجبس سائل

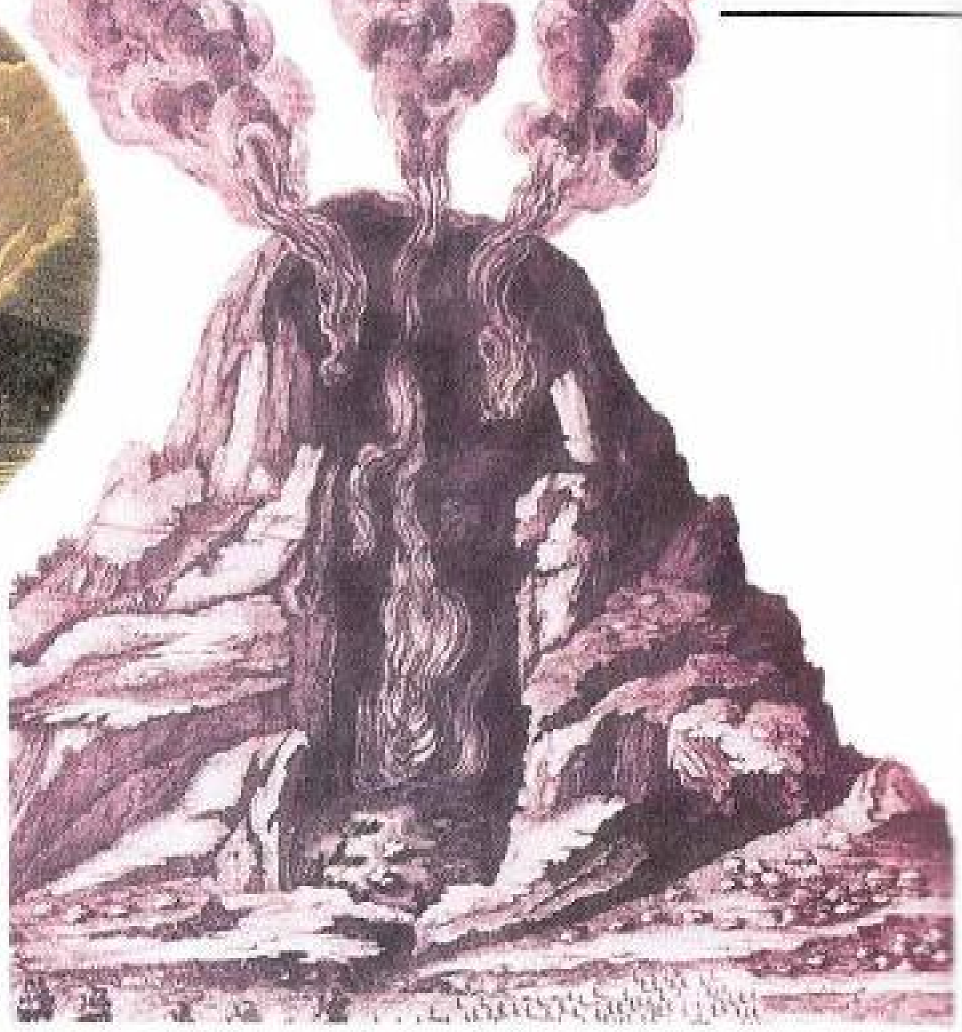
قالب جبسى يصور طفلاً مات مختنقًا، وقد عُثر على تجويف جثته فى حديقة الهاربين

اليـوم الأخيـر فى بومباى

بسبب تأثرهم الشديد بما ورد فى القصص عن الأحداث الكارثية فى بومباى؛ فقد صور الكثير من الفنانين الدمار الذى حلّ بها، وكسائر اللوحات تعبر هذه اللوحة لأحد فنانى القرن التاسع عشر الألمانى كارل بروبلوف لوحة خيالية، فقد رسم ألسنة اللهب والمنازل تحرقها النيران.

كفن المـوت

يوضح قالب جسد هذا الرجل ثنايا الملابس التى كان يرتديها عندما لقى مصرعه، وهو يمسك بصدره مما يوحى بأنه كان يشعر بصعوبة فى التنفس، ويعتقد أن معظم الضحايا قد ماتوا مختنقين.



ثورة بركان 1631 (إلى اليمين)

أكثر البراكين جذبًا للسياح فى العالم

لم يدرك الرومان الذين عاشوا في ظل فيزوف أنه بركان، فقد حدثت ثورة البركان قبل ذلك بـ 800 عام وظل خامدًا منذ ذلك الحين، وأصبحت منحدراته خضراء وساكنة. وبعد عام 79 بعد الميلاد أصبح فيزوف أكثر انفجارًا وحدثت به العديد من الثورات البركانية فى العشرين قرنًا التى تلت تدمير مدينتى بومباى وهيركولانيوم، وأكبر تلك الثورات البركانية وأحدثها هى التى وقعت عام 1631، والتى أدت إلى العديد من التدفقات والموجات الفتاتية البركانية. ومنذ القرن الـ18 والمسافرون يتوافدون على نابولى لرؤية أعمال التنقيب والكنوز الفنية والجبل الغاضب. وحتى اليوم، فإن السياح يتكبدون مشقة تسلق قمة الجبل ويدفعون أموالاً لكى ينظروا إلى فوهة البركان التى تتصاعد منها الأبخرة.

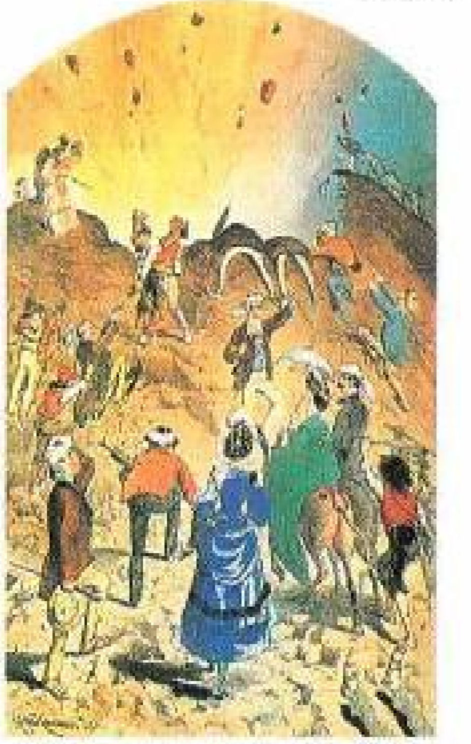
ثورة بركانية فى كتاب

يوضح هذا النقش لعام 1767 (أعلى) ثورة بركان 1760، وقد نشر فى كتاب ميلار بعنوان «النظام الجديد الكامل والعالمى للجغرافيا».

منظر هاميلتون

وضع السفير البريطانى إلى نابولى اللورد هاميلتون (انظر الصفحة 21) هذا المنظر الذى يوضح ثورة بركان 1779 فى كتابه «الحقول الملتهبة» والرسام الذى صور ذلك المشهد هو بيترو فابريس (انظر صفحة 39).

نقش ألمانى لثورة بركان 1885 يوضح النيران التى سببتها تدفقات الحمم

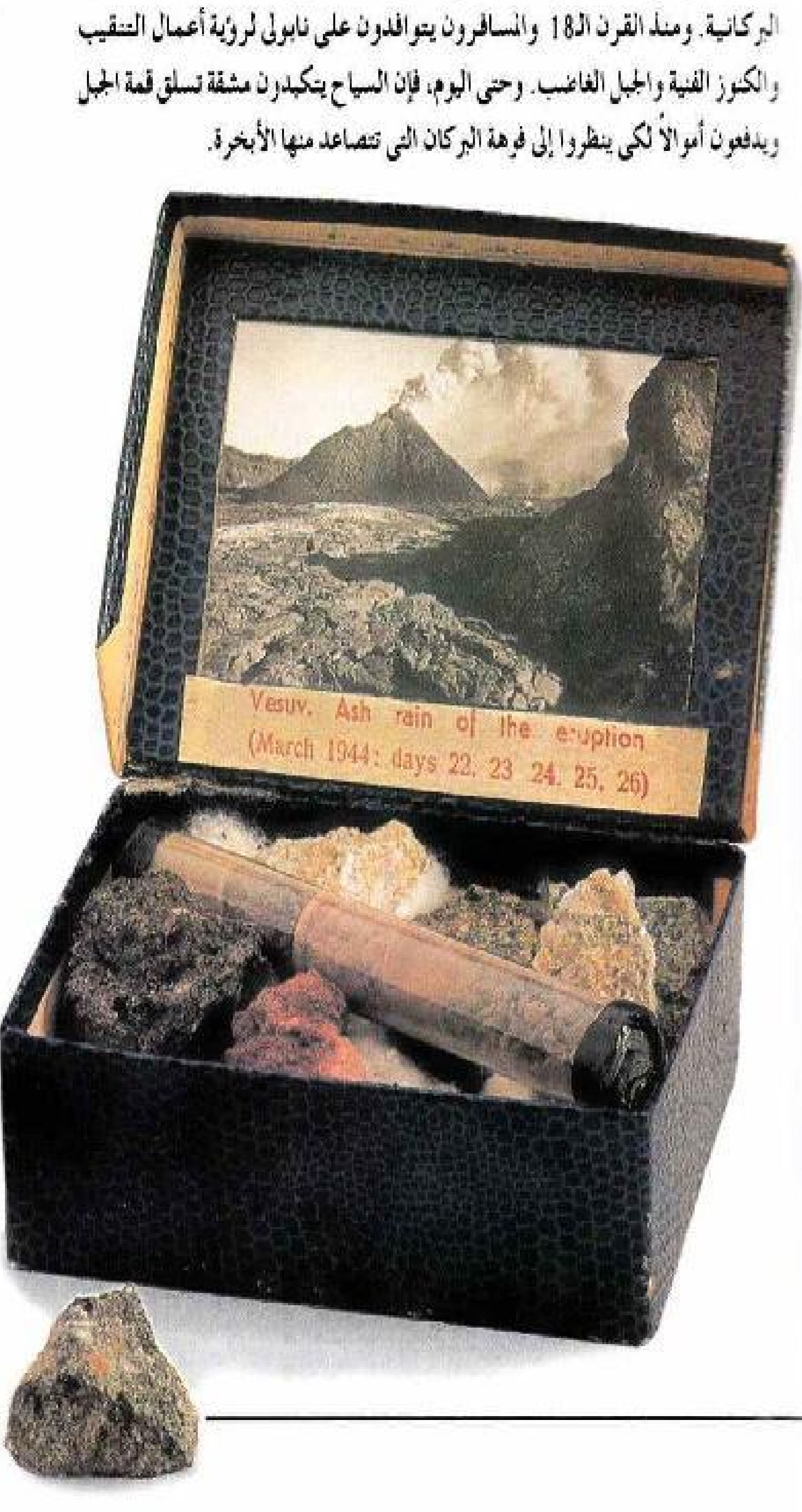


على خريطة السياحة

يصور هذا الكاريكاتير الساخر منظر السياح الإنجليز عند فوهة بركان فيزوف عام 1890. يحذر دليل السياح لعام 1883 الزائرين من أن جميع المرشدين محتالون، كما ينصح مشاهدى المعالم بارتداء أسوأ ملابسهم، لأن الحمم الحادة تتلف أحذيتهم، والكبريت يلطخ ملابسهم الملونة.

السفر بأناقة

منذ 1890 وحتى 1944 أقلت السكة الحديدية المعلقة مشاهدى المعالم السياحية حتى فوهة بركان فيزوف، ويشاهد السياح فى هذه الصورة الثورة البركانية لعام 1933.

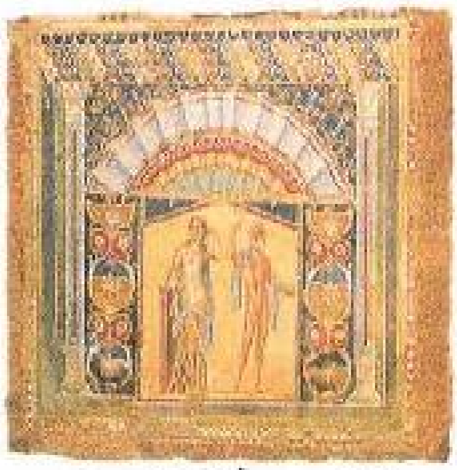


هدايا تذكارية من فيزوف

منذ قرون مضت اشتملت الهدايا التذكارية التى تأتى من نابولى على مصنوعات رومانية سرقت إبان أعمال التنقيب، إلا أنه فى هذه الأيام نجد الأمن أكثر تشددًا، وأصبحت الهدايا الشائعة عبارة عن صناديق تحتوى على حمم ورماد. كما يُحذر دليل السائحين من أن بعض هذه الصناديق يحتوى بدلاً من هذا على خبث براكين صناعى ملون.

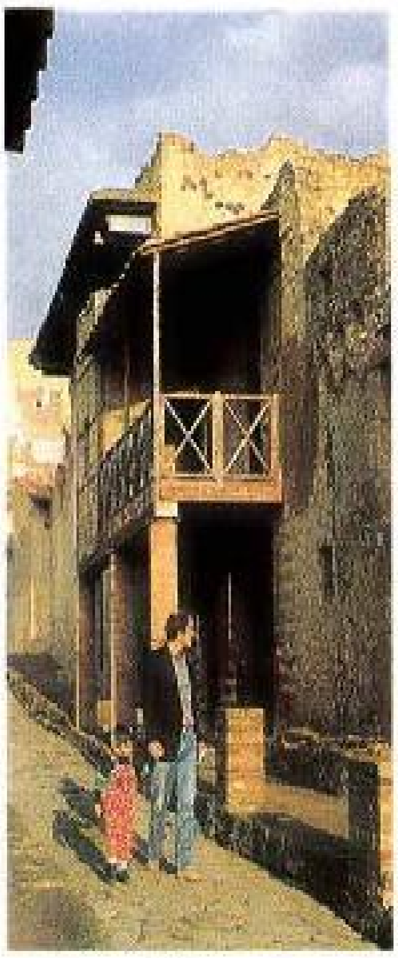
هيركـــولانيـــوم

فى عام 79 بعد الميلاد كانت مدينة هيركولانيوم الرومانية منتجعًا ساحليًا يتميز بالترف، وعندما بدأ جبل فيزوف ثورته فى 24 أغسطس فإن سحابة الرماد العظيمة التى غطت بومباى لم تصب هيركولانيوم (انظر صفحة 26). فقد سقط أقل من 3سم (1 بوصة) من الحطام على المدينة عندما هبت عليها موجة هائلة من الرماد الساخن والغاز، وخلال عمليات التنقيب الأولية لم يتم العثور على الكثير من الجثث. الأمر الذى بدا محيرًا. فقرر علماء الآثار أن معظم السكان لابد أنهم قد هربوا فى قوارب قبل أن تحدث هذه الموجة، ولكن فى الثمانينيات تم العثور على مئات الهياكل العظمية المحتشدة تحت قناطر ضخمة من الطوب كانت قائمة آنذاك على الشاطئ، فلابد أن مجموعة كبيرة من سكان هيركولانيوم قد اتخذوا هذا المكان مأوى لهم، ولكنهم لقوا مصرعهم بسبب موجات الرماد والغاز.



نبتــون وأمفيتـريــت

عثر على هذه الفسيفساء المرسومة عليها شخصيتان أسطوريتان فى فناء منزل تاجر خمور ثرى فى هيركولانيوم.



السيــر بيــن الأطــلال

أسفرت عمليات التنقيب فى المدينة الرومانية عن تكون حفرة عميقة تحيط بها مدينة هيركولانيوم الحديثة (انظر الصفحة 60) ويسير هذان الزائران لأطلال المدينة فى أحد شوارعها المرصوفة بأحجار مصنوعة من الحمم.

الهياكل العظمية الرومانية

على عكس العظام التى عثر عليها فى مدينة بومباى فإن التجويف الذى يعكس وضع الجثث لم يتكون حول الهياكل العظمية التى عثر عليها فى مدينة هيركولانيوم، وذلك أن الأرض التى رقدوا فيها كانت ممتلئة بالمياه. وعندما تحللت الجثث، اقترب الرماد المبتل أكثر فأكثر حتى تجمع حول العظام وأحاطها بإحكام.

مقبـرة الصخــور الساخنــة

ضربت ست موجات من الفتات البركانى مدينة هيركولانيوم (انظر صفحتى 16-17). وقد نبع كل واحدة منها تدفق كثيف من الرماد الساخن والخفاف والصخور، وقد دفنت هذه التدفقات المدينة بركام بركانى يبلغ ارتفاعه 20 مترًا (65 قدمًا)، وهو أكثر مما غطى مدينة بومباى المجاورة بخمس مرات.

الجزء العلوى من عظم فخذ متفحم لأحد الأشخاص

كومة من الزجاج المنصهر الذى يصعب تمييزه

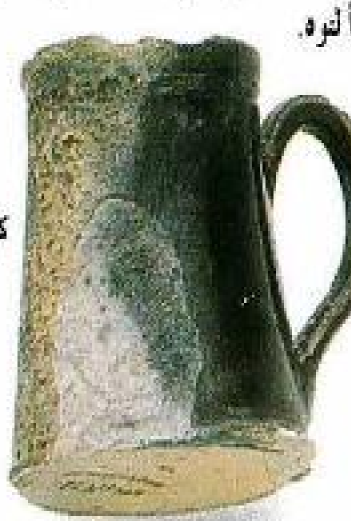
الملاك الحارس

لازال في الإمكان التعرف على هذا التمثال الصغير على شكل ملاك المصنوع من المعدن الصدئ، وعلى العكس من بومباى وهيركولانيوم لم يتم العثور على أعمال فنية عظيمة فى سانت بيير.

المدينة المدمرة

إن حوائط بعض المبانى هى الشىء الوحيد الذى ظل على حاله فى سانت بيير، فقد انفجرت معامل تقطير الخمور والمستودعات مما زاد من حجم الدمار. ولقى الكثيرون مصرعهم داخل الكاتدرائية، حيث كان قداس يوم الصعود قد بدأ لتوه.

شمعدان منطبق



كوب منفحم

متحجر

يحتوى الخشب والعظم والخزف ومعظم الأطعمة على الكربون، بعض هذه المواد العضوية قد احترقت بالكامل، والبعض الآخر تكربن (انظر صفحتى 26، 27) فاحتفظ بما يكفى من تفاصيل شكله بحيث أمكن التعرف عليه.

ساخن بما يكفى لإذابة المعدن

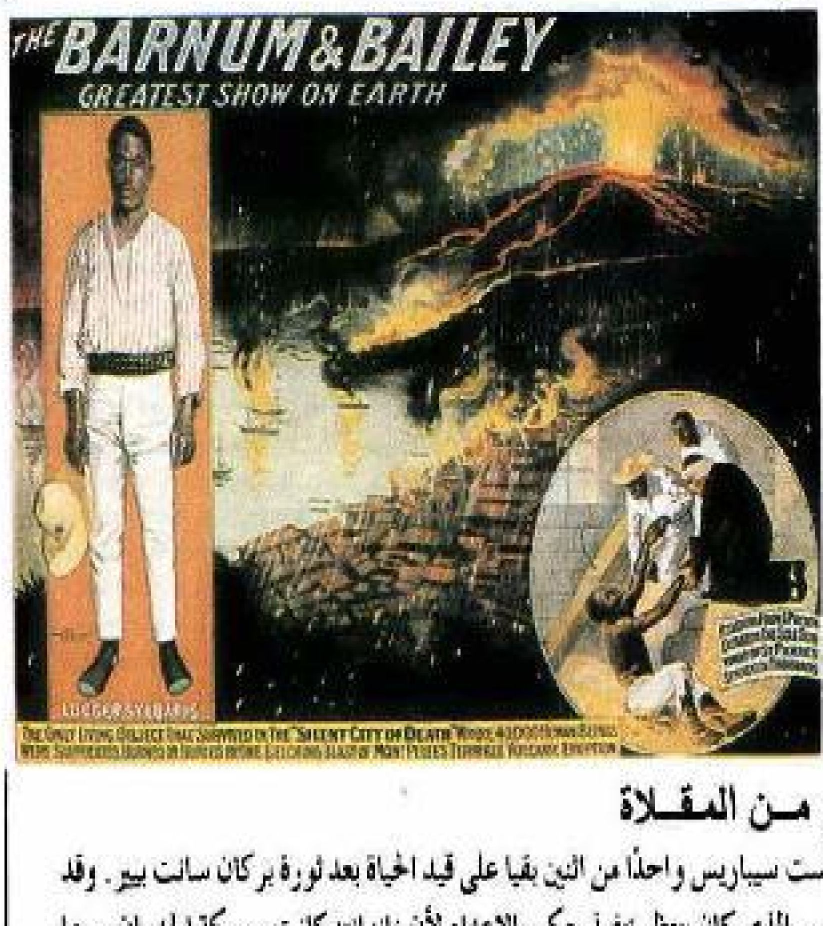
انصهرت بعض الأشياء المعدنية كليًا أو جزئيًا، مثل هذه المجموعة من المسامير الحديدية التى انصهرت معًا. وهذه الملعقة المعدنية فقدت جزءًا من تجويفها حيث كان المعدن أكثر رقة فى هذا الجزء، وذلك الشمعدان الذى سُحِقَ ربما عندما انهار المبنى الذى كان بداخله، فليس به آثار كثيرة على الانصهار. ولم تنصهر أسلاك التليفون النحاسية فى المدينة، فربما كانت درجة حرارة السحابة أقل بعض الشىء من 1.083°م (1.981°ف) وهى درجة انصهار النحاس.

مجموعة من المسامير الحديدية المنصهرة

حبوب قهوة مكربنة

ملعقة معدنية منصهرة

عملات منصهرة



خارج من المقلاة

كان أوجست سيباريس واحدًا من اثنين بقيا على قيد الحياة بعد ثورة بركان سانت بيير. وقد نجا سيباريس الذى كان ينتظر تنفيذ حكم بالإعدام لأن زنزانته كانت سميكة الجدران، وبها نافذة واحدة صغيرة فى الجهة البعيدة عن البركان. وتم العفو عنه فيما بعد، ولكنه انطلق فى جولة حول العالم يقدم عروضًا بالسيرك تحت اسم لودجر سيباريس.

بومباى الحديثة: سانت بيير

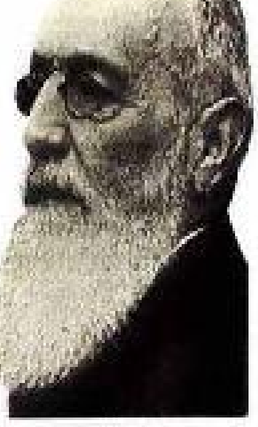
تمثال صغير مهشم

وقعت واحدة من أسوأ الكوارث البركانية فى القرن العشرين يوم 8 مايو 1902 فوق جزيرة الكاريبى الفرنسية مارتينيك، كان اليوم عيد الصعود، وتجاهل معظم سكان سانت بيير جبل بيليه وهو البركان الذى يعلو المدينة، وعندما ثار قبل الساعة 8 صباحًا بقليل أرسل الجبل بسحابة من الغاز الملتهب على الميناء الفاتن، فابتلعت سانت بيير بمن عليها من سكان. ووصف شهود عيان على سفن الميناء تلك السحابة بأنها كانت تمحو وتحرق كل ما يعترض طريقها. وقال أحدهم: «كانت موجة النار فوق رءوسنا مثل ومضة البرق، وكان صوتها يدوى كآلاف المدافع» وفى غضون دقائق معدودة كانت سانت بيير قد مُحيت من الوجود، وبقيت الأطلال تغلفها طبقة رقيقة من الرماد كشاهد على السحابة المروعة. ظل القليل من البحارة أحياء على سفنهم، ولكن كل سكان المدينة البالغ عددهم 29,000 شخص قد لقوا مصرعهم ما عدا اثنين فقط.

عندما توقفت الساعة

انصهرت ساعة الجيب هذه وتوقفت عند الساعة 15، 8 صباحًا.

زجاجة دواء منصهرة



الناجى المشوه

خلَّفت الحرارة ثقوبًا على سطح هذا التمثال، ومثل الكثير من الأشياء، يظهر أثر الحرارة الكثيفة فى الجانب الذى يواجه البركان، والذى يقع على الجانب الآخر من هذا التمثال.

ألفريد لاكروا

وصل عالم البراكين الفرنسى ألفريد لاكروا إلى سانت بيير فى 23 يونيو وقضى عامًا يدرس جبل بيليه. وفى تقريره الشهير عن البركان وصف السحب المتوهجة الغريبة التى غطَّت سانت بيير، والتى يطلق عليها حاليًا اسم تدفقات أو موجات الفتات البركانى (انظر صفحة 16).

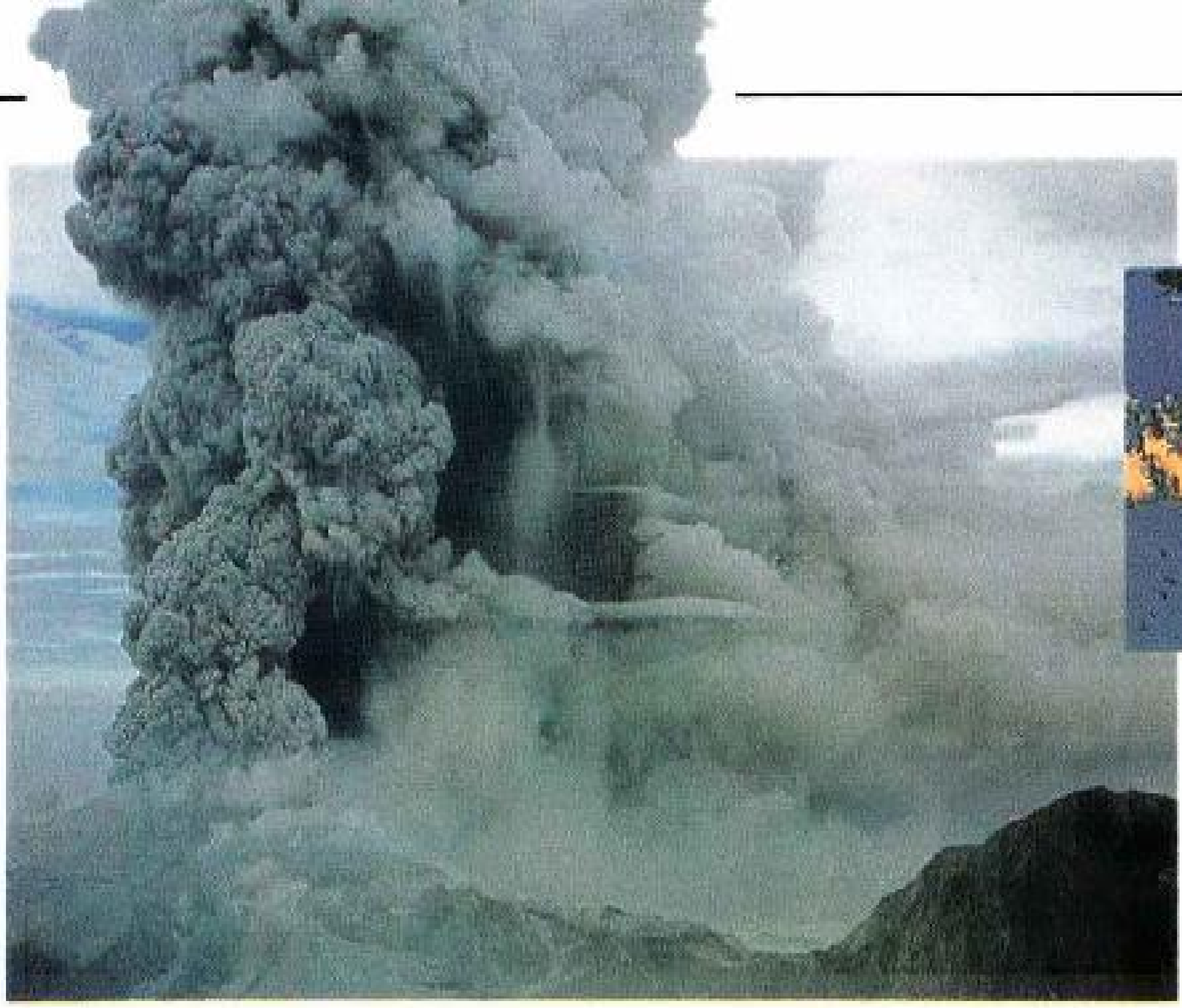
شوكة معدنية منصهرة.
(صدئت عقب الثورة البركانية)

زجاجة منصهرة

زجاج منصهر

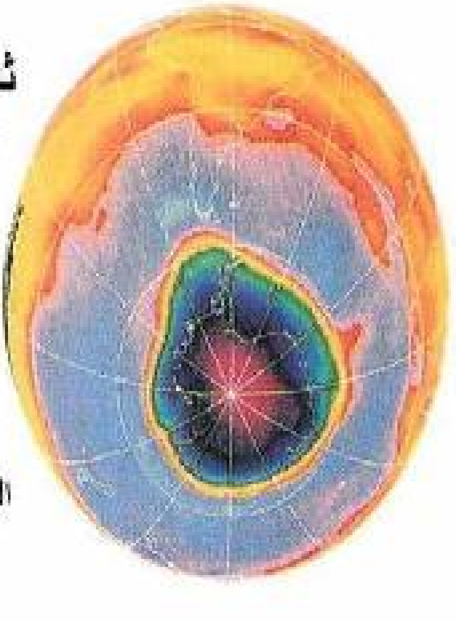
مثل عمليات التنقيب التى تجرى فى بومباى، فإن أطلال سانت بيير لاتزال تكشف عن الكثير من الأسرار عن هذا الحدث المريع. هذه الأشياء المنصهرة جزئيًا قد اكتشفت فى الخمسينيات وهى تقف شاهدة على شكل الحياة اليومية فى إحدى المستعمرات الفرنسية الصغيرة فى بداية القرن العشرين. بعضها إما أن يكون مذابًا لدرجة كبيرة وإما أنه غير مألوف فيصعب معرفة كينونته.

بقايا مصيدة فئران



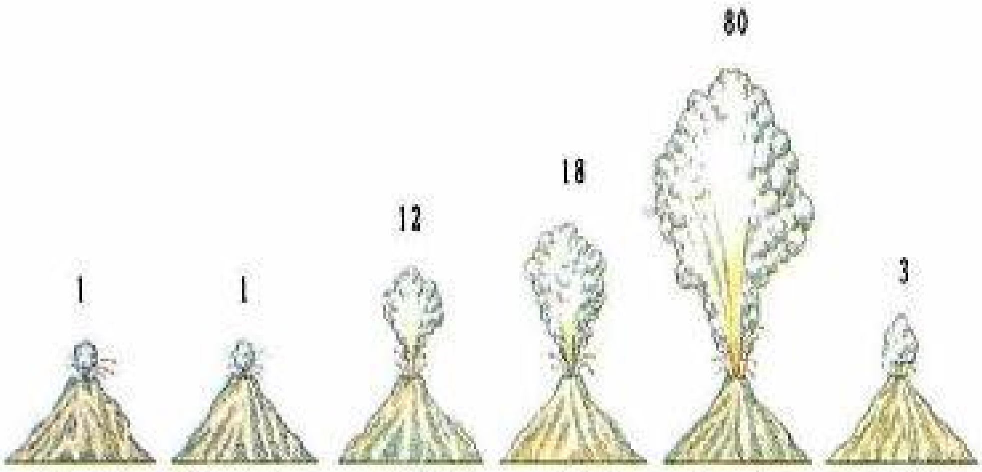
الطقو حول الكرة الأرضية

فى يونيو لعام 1991 تسببت الثورات البركانية لجبل بيناتوبو فى الفلبين (الصورة إلى اليسار وصفحة 17) فى نثر الرماد والغاز داخل طبقة الستراتوسفير. وتوضح صور القمر الصناعى (أعلاه) أنه بحلول 25 يوليو كانت الجسيمات البركانية قد انتشرت حول العالم.



ثقب الأوزون

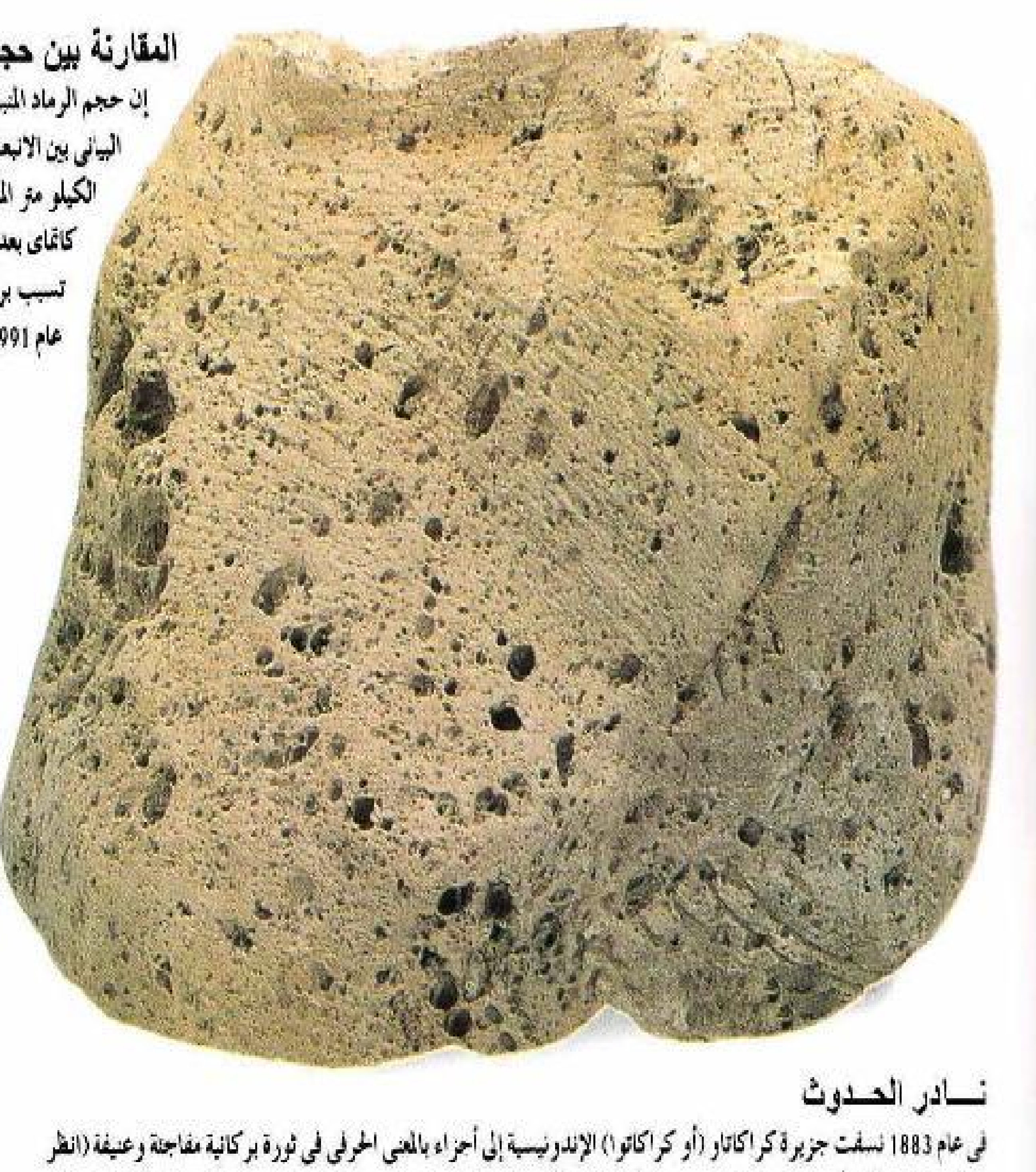
توضح هذه الصورة ذات الألوان غير الطبيعية التى التقطت بالقمر الصناعى الثقب فى طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية، وقد تسبب جزيئات الكبريت التى قذف بها بركان بيناتوبو عاليًا داخل الغلاف الجوى فى إلحاق مزيد من الضرر بهذه الطبقة الواقية، وقد يؤثر هذا على مناخ العالم.



المقارنة بين حجم الثورات البركانية

إن حجم الرماد المنبعث من البركان هو مقياس جيد لحجم الثورة البركانية. ويقارن هذا الرسم البيانى بين الانبعاثات الكلية لست ثورات بركانية كبرى. الوحدة المستخدمة فى القياس هى الكيلو متر المكعب. بعض الثورات البركانية الكبيرة غير معروفة نسبيًا. فقد غطىّ جبل كاتماى بعد ثورته الأجزاء البعيدة من ألاسكا بكميات كبيرة من الرماد عام 1912 بينما تسبب بركان تامبورا الهائل عام 1815 فى مصرع أكثر من 90,000 إندونيسى. وفى عام 1991 أطلق بركان جبل بيناتوبو 7 كيلو مترات مكعبة من الرماد.

انطباع فنان عن ثورة بركان كراكاتاو بإندونيسيا عام 1883



نـــادر الحـــدوث

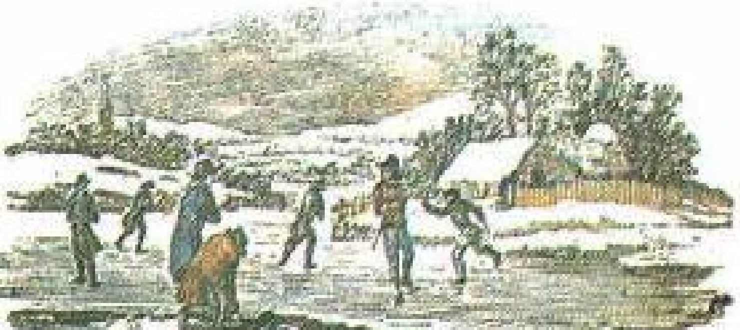
فى عام 1883 نسفت جزيرة كراكاتاو (أو كراكاتوا) الإندونيسية إلى أجزاء بالمعنى الحرفى فى ثورة بركانية مفاجئة وعنيفة (انظر صفحة 57). وقد سُمع دوى الانفجار – وهو أحد أعلى أصوات الانفجارات التى سُجلت على الإطلاق – على بُعد 4000كم (2,400 ميل) فى منطقة أليس سبرينجز بأستراليا. وقد لوّن الغبار والغاز غروب الشمس فى أوروبا وبدت الشمس والقمر وكأن لونهما أزرق أو أخضر، وقد انجرفت جزر طافية من صخور الخفاف عبر المحيط الهندى لمدة شهور بعد ذلك فسببت مخاطر عظيمة للسفن، وقد انجرفت هذه القطعة إلى الشاطئ بمدغشقر على بعد 7000كم (4,200 ميل).

التأثير على مناخ العالم

تؤثر الثورات البركانية الرمادية الكبيرة تأثيرًا جذريًا على المناخ، فعلى مدى شهور قد تتعرض المنطقة لظلام دامس ورياح عاتية وأمطار غزيرة، بل وانزلاقات طينية. وإذا ما وصل الغاز والغبار إلى طبقات الغلاف الجوى العليا، فقد ينتقلان مسافات بعيدة حول الكرة الأرضية، وعندما يحدث ذلك، قد يتغير مناخ الكوكب بأكمله. فالمواد البركانية ترشح بعضًا من ضوء الشمس، فتقلل من درجات الحرارة فى الأسفل. أما الجسيمات التى تتطاير عاليًا، فإنها تؤثر فى رؤيتنا للشمس والقمر، حيث تشتت أشعة الشمس بترددات معينة وتسمح بتخلل غيرها من الأطوال الموجية. وقد يؤدى ذلك إلى تكون مناظر رائعة لشروق الشمس وغروبها، فقد تبدو الشمس أو القمر وكأنهما أحيطا بهالات أو كأنهما يتوهجان بألوان غريبة. وقد تسببت ثورتان بركانيتان عام 1783 فى حدوث مشاكل لمستكشفى القطبين، حيث صادفتهم طبقات من الجليد الطافى السميك بصورة غير عادية، وعلى المدى الطويل ربما تسبب الجسيمات البركانية انخفاضًا حادًا فى حرارة الكون، أو انقراضًا جماعيًا أو حتى عصورًا جليدية.

الأرض القديمة

منذ حوالى 4000 مليون سنة مضت، لم يكن حول كوكب الأرض غلاف جوى وكان سطحه مغطى بالبراكين الثائرة، فكل المياه فى المحيطات والكثير من الغازات التى تشكل الغلاف الجوى قد تكونت بواسطة الثورات البركانية على مدى آلاف السنين.



عصر جليدى قصير

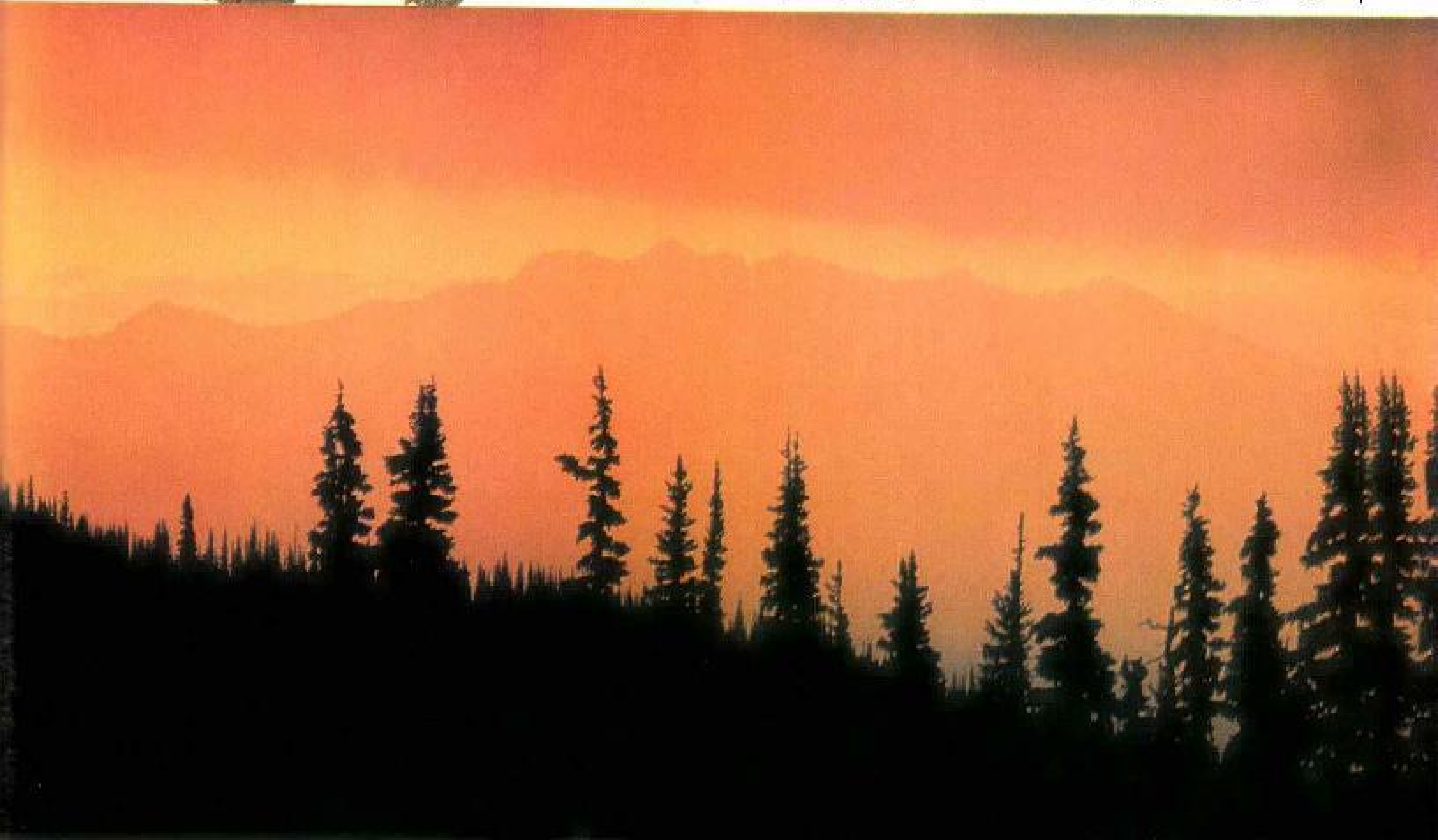
تبع وقوع ثورتين بركانيتين كبيرتين عام 1783، سكافتار فى أيسلندا (انظر الصفحة 24) وأساما فى اليابان، عدد من فصول الشتاء قارسة البرودة فى أوروبا وأمريكا.

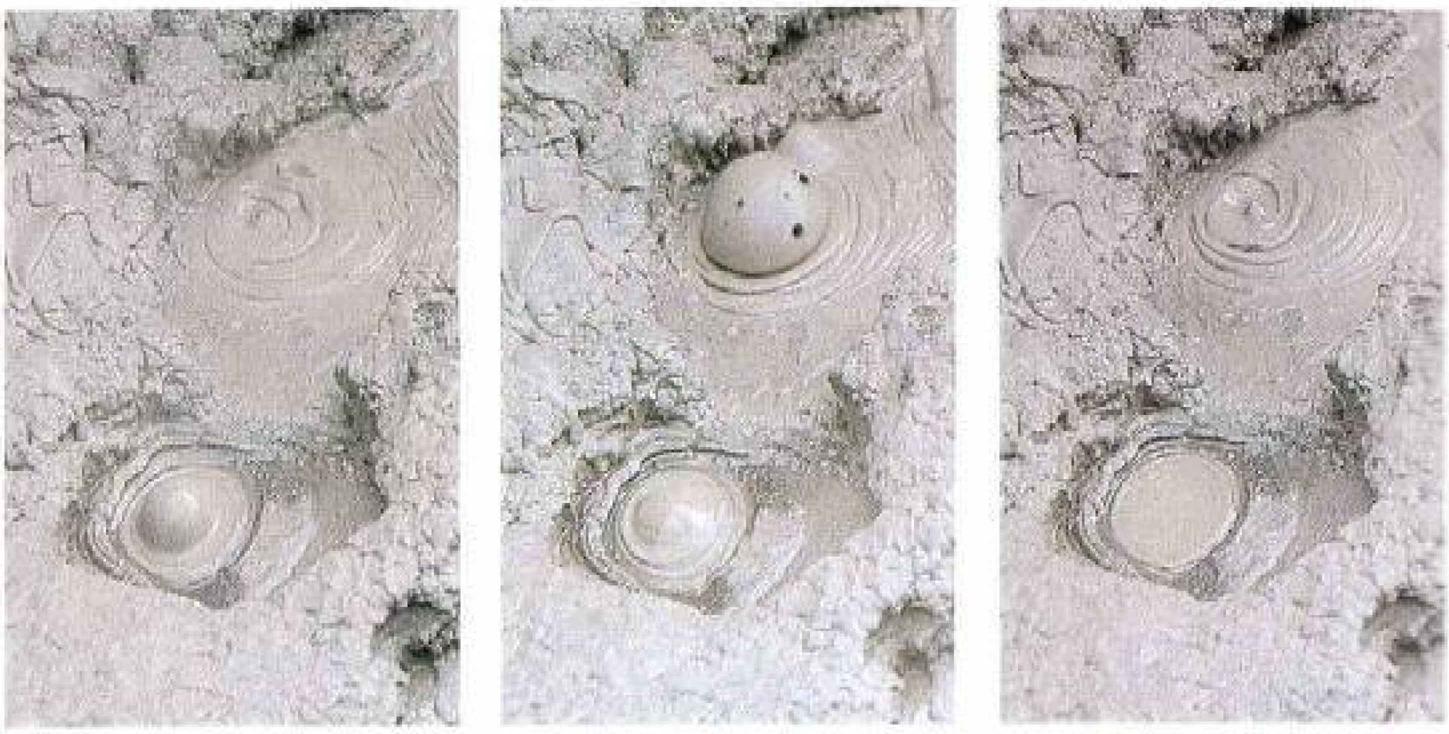
من قتل تريكس؟

يظل سبب انقراض الديناصورات لغزًا غامضًا. وتفترض إحدى النظريات أن الثورات البركانية الكبيرة قد تسببت فى تغير المناخ وتحوله إلى مناخ قارس البرودة. بينما ترجح نظرية أخرى أن تغير المناخ كان بسبب شهاب أو نيزك سقط على كوكب الأرض.

غروب بركانى

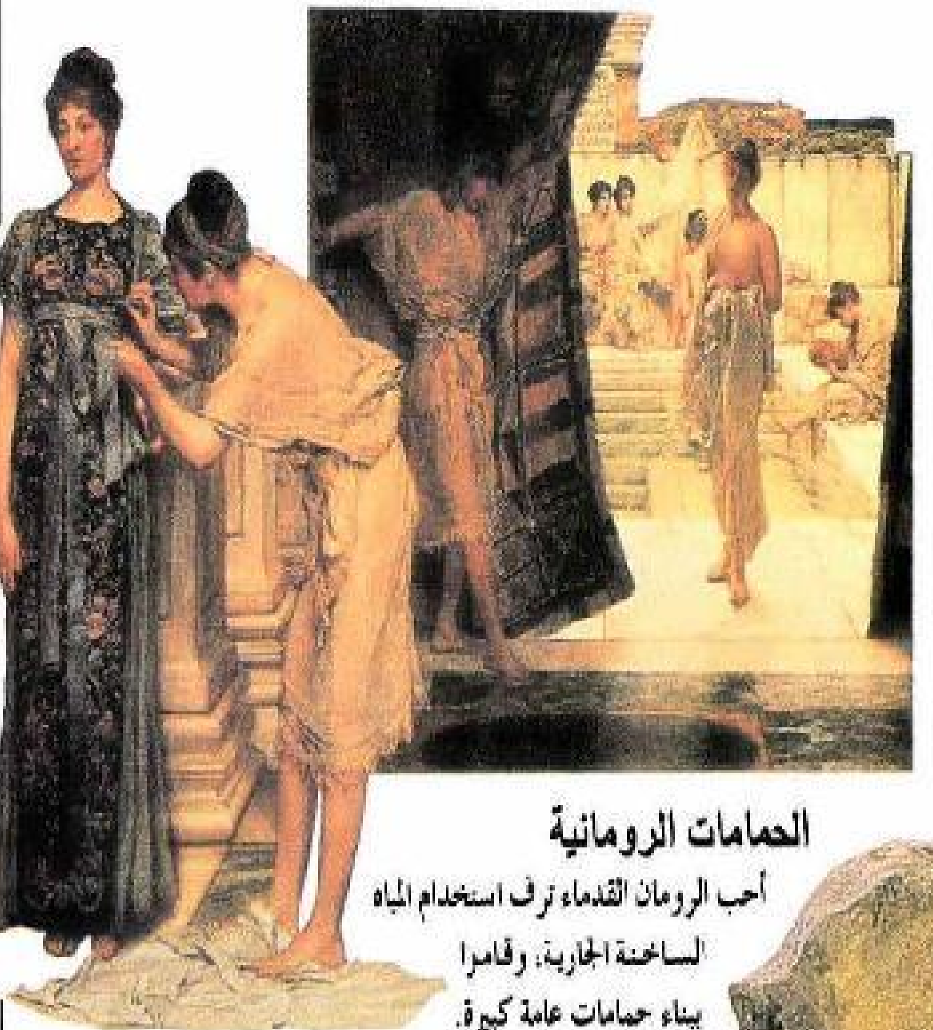
فى عام 186 بعد الميلاد لاحظ الصينيون احمرار السماء فى شروق وغروب بعض الأيام بشكل غير معتاد، وكان سبب ذلك الانبعاثات البركانية من ثورة بركان جبل تاربو فى نيوزيلندا، وغروب الشمس فى الصورة كان نتيجة للغبار الذى نجم عن ثورة بركان جبل سانت هيلنز المجاور عام 1980.





الطين الفقاعي

تفور بعض المنافذ البركانية في حمام طين تكوّن إثر نشاطها، فغازات الكبريت الحمضية تأكل الصخور التي تمر خلالها فتكون بركة كبيرة (أو قِدْرًا) من الطين اللين. تتدفق الفقاعات فوق السطح محدثة أصوات فرقعة، وتصل درجة حرارة الطين في هذا القدر في سولفاتارا إلى 60°م (140°ف). وتزيد درجة حرارة بعض من هذه القدور الطينية عن ذلك كثيرًا بينما البعض الآخر يكون باردًا حتى إن الأشخاص يستطيعون النزول إليه، وتعتبر حمامات الطين هذه علاجًا تجميليًا شائعًا يجعل البشرة ناعمة وطرية.



الرائحة الكريهة

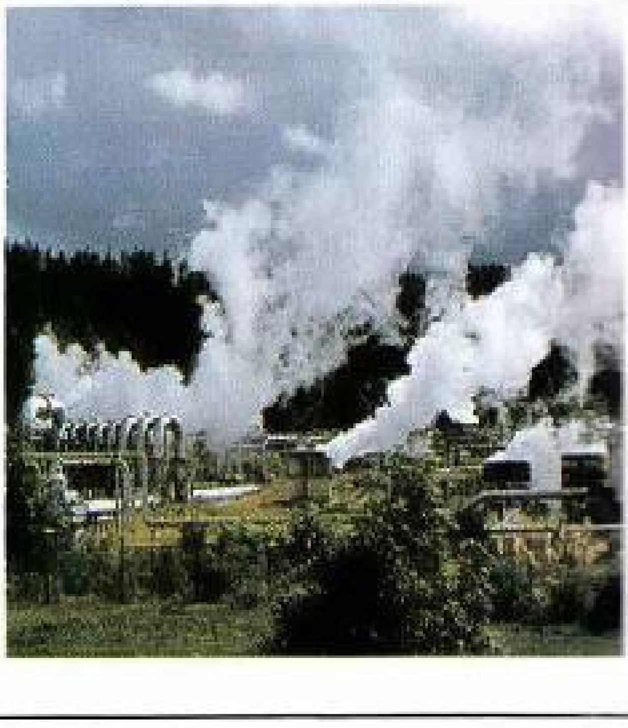
يمكن رؤية ما يشبه النباتات الشوكية من بلورات الكبريت حول هذا المنفذ البركاني. قريبًا من المنفذ فإن الغازات الساخنة ذات الروائح الكريهة تكون غير مرئية، ومثل البخار الذي يخرج من الغلاية فإن هذه الغازات لا تظهر إلا عندما يتكثف بخار الماء على بعد بضعة سنتيمترات.

الحمامات الرومانية

أحب الرومان القدماء ترف استخدام المياه الساخنة الجارية، وقاموا ببناء حمامات عامة كبيرة. وأصبحت هذه الحمامات التي تغذيها الينابيع الطبيعية الساخنة مراكز طبية يأتي إليها المرضى للاستحمام في المياه الغنية بالمعادن. ولايزال الكثير من منتجعات الينابيع الساخنة هذه عامرًا بالقاصدين ويسافر المرضى لمسافات بعيدة للحصول على هذه المياه.

قشرة من بلورات الكبريت الدقيقة من منفذ بركاني في جاوة بإندونيسيا

طبق تذكاري يصور فوّار أولد فيثفول بالولايات المتحدة (صفحة 7)



طاقة المياه الساخنة

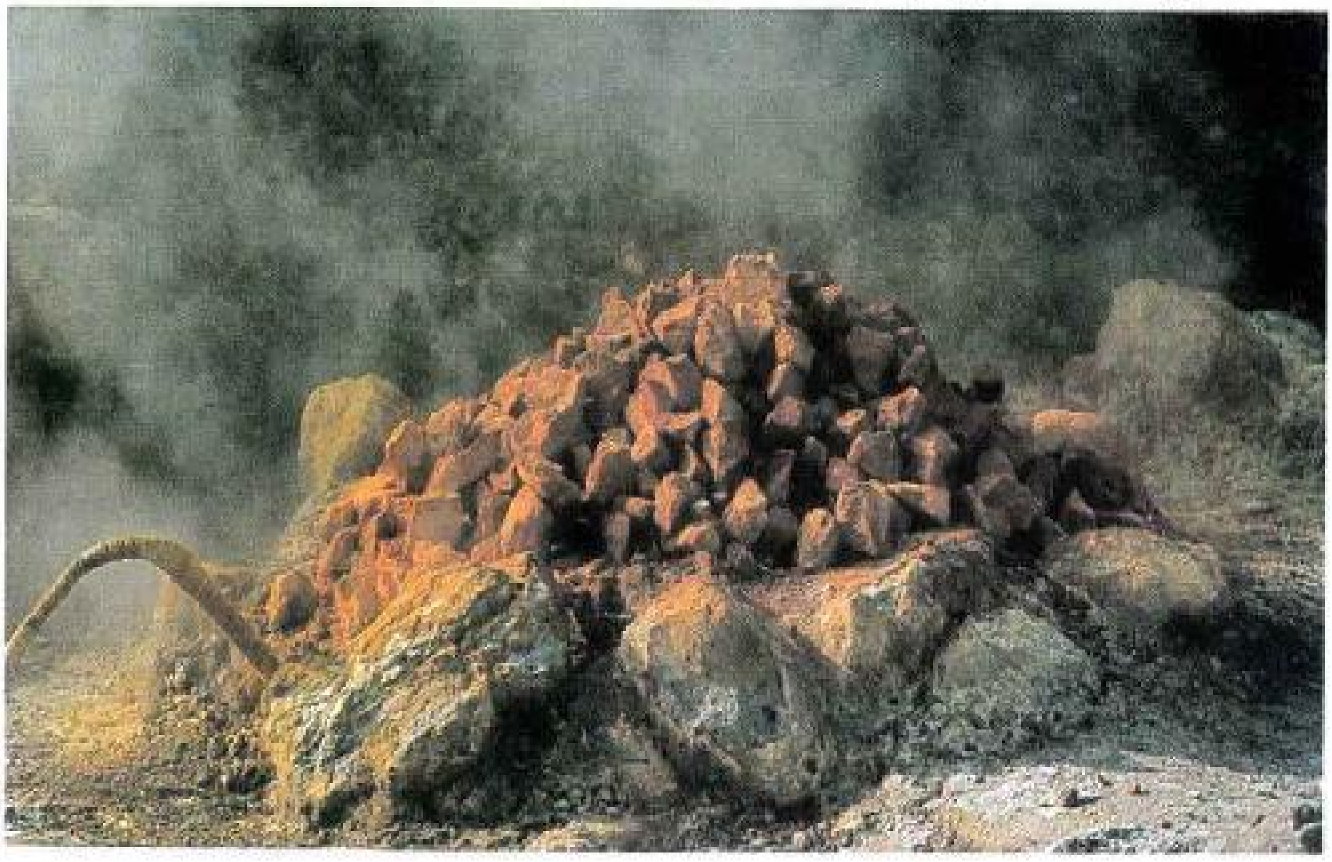
تتولد حوالي 40٪ من كهرباء أيسلندا من محطات الطاقة المائية الحرارية، وكلما تقدمت التكنولوجيا زادت هذه النسبة، بالإضافة إلى أن بلادًا أخرى نشطة بركانيًا مثل اليابان والولايات المتحدة ونيوزيلندا تقوم بتطوير برامج الطاقة المائية الحرارية لديها.

منافذ البخار والطين المغلى

أينما تدفئ الحرارة البركانية منطقة ما فإن المياه الموجودة داخل الأرض تسخن أيضًا. وفى أثناء فترات الخمود الطويلة قد تخرج المياه إلى السطح من خلال الفوارات الحارة أو منافذ البخار أو الينابيع الساخنة أو برك الطين المغلى. تكوّن أشكال المياه الساخنة هذه (المائية الحرارية) مناظر مذهلة فى أماكن مثل اليابان، ونيوزيلندا، وأيسلندا، وإيطاليا والولايات المتحدة، كذلك يمكن استخدام المياه الساخنة فى الأعمال المفيدة شريطة ألا تكون شديدة الحموضة وأن يكون تدفقها على نحو مستمر. يمكن توظيف البخار لتشغيل التوربينات وتوليد الكهرباء. فى أيسلندا تنقل المياه الجوفية الساخنة فى أنابيب داخل المدن، حيث تستخدم لتدفئة المنازل والصوبات الزراعية. كما تطلق الكثير من البراكين النشطة البخار وغيره من الغازات ما بين الثورات البركانية، وقد تشير التغيرات فى الغازات المنبعثة إلى الثورات البركانية المستقبلية.

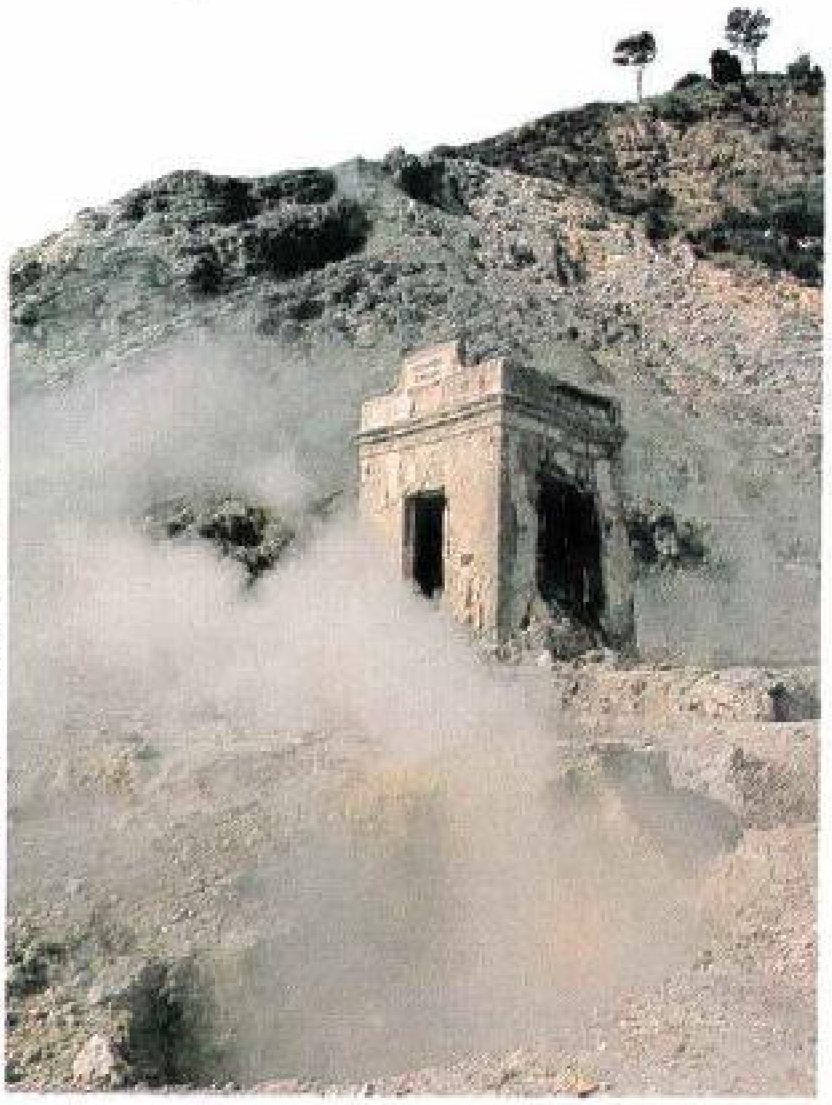
فولكان إله النار

اعتقد الرومان القدماء أن بركان سولفاتارا بالقرب من نابولى بإيطاليا هو بوابة للجحيم، كما كان أيضًا أحد ورش الحدادة للإله فولكان، ومن هنا جاءت كلمة «فولكانو» (Volcano) أى البركان.



قياس درجة حرارة الأرض

تستخدم المزدوجة الحرارية (انظر الصفحة 43) لقياس حرارة منافذ البخار أو المنافذ البركانية فى فوهة بركان سولفاتارا. هنا تصل درجات الحرارة إلى 140 °م (285 °ف)، كما تنبئ التغيرات فى الانبعاثات الحرارية والغازية بالثورات المستقبلية، حيث يتم رصدها قبل أن يتم استغلال الطاقة الحرارية الأرضية لمنطقة ما، ذلك لأن التقلبات الحادة تجعل من الصعب تسخير الطاقة.

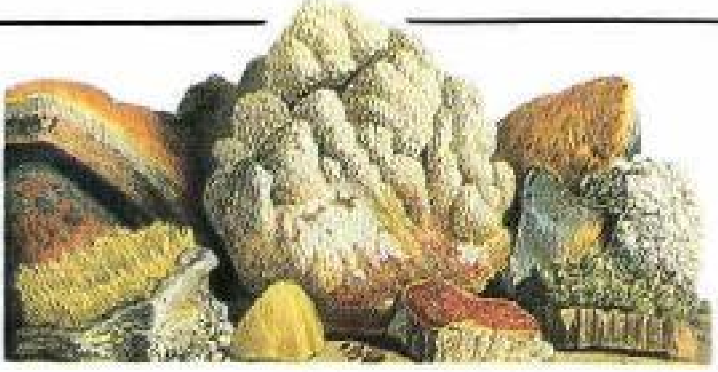


الحصول على حمامات بخار

تنبعث المنافذ البركانية الموجودة فى سولفاتارا بغازات حمضية مع الأبخرة. ولقد تآكل هذا المرصد الذى بنى فى القرن الـ 19 بفعل المنافذ البركانية. فحيثما ينبعث البخار من الكهوف أو الغيران يعتقد أن له قوى علاجية خارقة. فمنذ العصور الرومانية يحصل الزوار على حمامات بخار لعلاج التهاب المفاصل ومشاكل التنفس أو للحصول على فوائد البخار كما هو شائع.

بلورات الكبريت

يرد الكبريت المنبعث مع الغازات البركانية ويتبلور، وفى الظروف المناسبة، فإن البلورات الصفراء لهذا العنصر غير المعدنى تكبر وتصبح نصف شفافة، وتأتى هذه البلورات الكبيرة من صقلية حيث يتم التنقيب عن الكبريت منذ قرون عديدة. وللكبريت استخدامات متعددة وخاصة فى مجال الصناعة، فهو يضاف للمطاط فيجعله أكثر متانة، وذلك من خلال العملية التى أطلق عليها اسم إله النار الرومانى- وهى تسمى «الفلكنة».



الصخور زاهية الألوان فى سولفاتارا (انظر صفحتى 36-37) التى رآها اللورد هاميلتون ورسمها بييترو فابريس

زبرجد زيتونى من جزيرة سانت جون فى البحر الأحمر

ألماس مقطوع

تشكلت داخل الفرن النارى

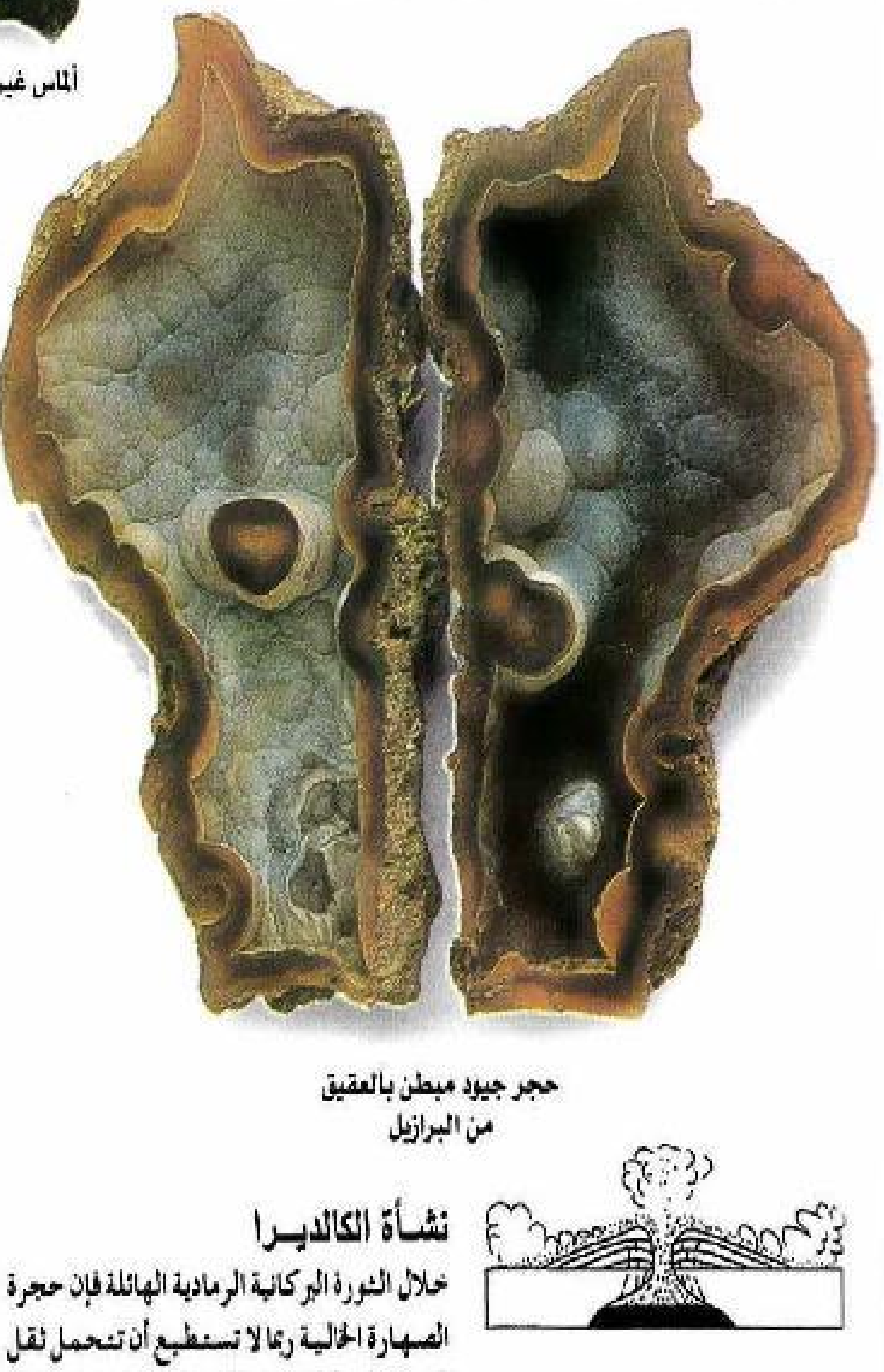
تقوم السوائل البركانية الساخنة بتركيز بعض العناصر الكيميائية غير الشائعة، فتبرد ببطء داخل فقاعات الغاز أو التجويفات الموجودة فى الصخور البركانية. ينتج عن عملية التبلور البطيئة بلورات كبيرة، منتظمة الشكل يمكن قطعها وصقلها لتصبح أحجارًا كريمة. الأحجار الأكثر صلابة تكون هى الأعلى سعرًا، لأنها تدوم للأبد، والألماس هو أكثر الأحجار صلابة، أما الأحجار الأقل صلابة فإنها تكتسب قيمتها بفضل ألوانها الغنية.

ألماس غير مقطوع فى صخرة بركانية من طبقة الوشاح من كيمبرلى بجنوب إفريقيا

زبرجد مقطوع

جوهرة البحر الأحمر

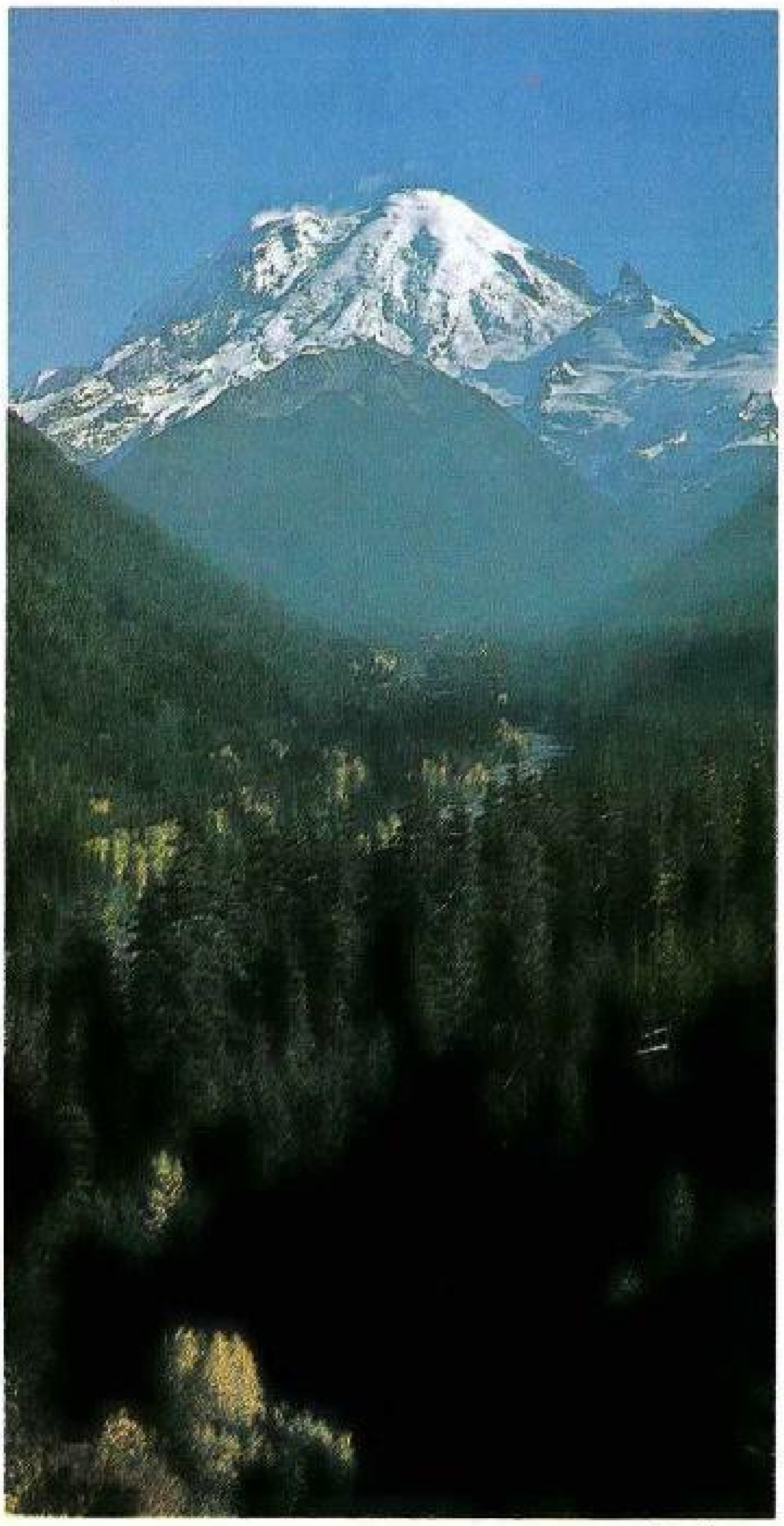
جوهرة الزبرجد الزيتونى لونها أخضر غامق، والجوهرة معروفة باسم الزبرجد.



حجر جيود مبطن بالعقيق من البرازيل

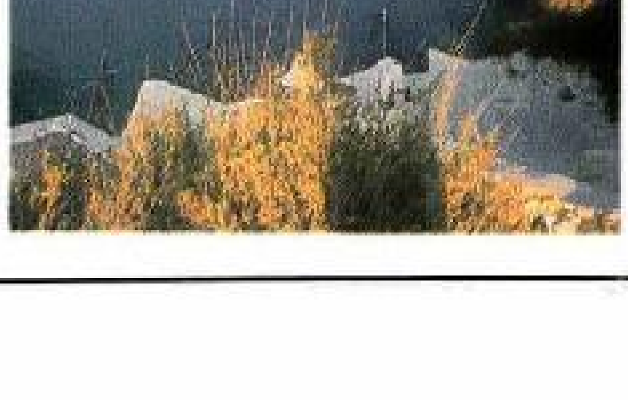
نشأة الكالديـرا

خلال الثورة البركانية الرمادية الهائلة فإن حجرة الصهارة الخالية ربما لا تستطيع أن تتحمل ثقل المنحدرات البركانية. فتنهار إلى الداخل تاركة منخفضًا دائريًا كبيرًا يطلق عليه اسم كالديرا. وقد يصل قطرها إلى عدة كيلومترات.



بركـان كاسكيد

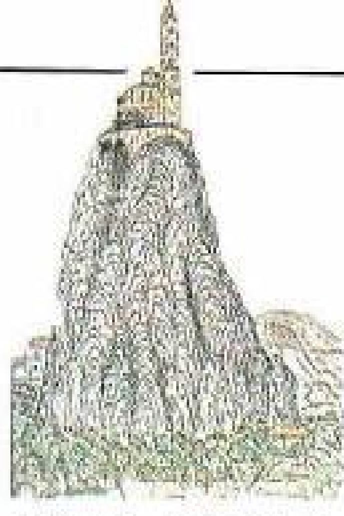
جبل رينير هو أحد جبال سلسلة البراكين الموجودة فى جبال كاسكيد والتى تضم جبل سانت هيلنز (انظر صفحتى 14-15) وقد يصبح أى منها نشيطًا فى يوم من الأيام. ورغم افتقارنا إلى سجلات مكتوبة، فمن المحتمل أن يكون جبل رينير قد تعرض مرات عديدة لثورات بركانية فى القرن التاسع عشر، ولقد سجلت هذه الأحداث وأرخت من خلال حلقات الأشجار، والتى يتوقف نموها الطبيعى عقب الثورات البركانية.



سانتـورينى أم ثـيرا؟

هذه المجموعة من الجزر اليونانية هى قمة كالديرا تكونت نتيجة ثورة بركانية كبيرة عام 1645 قبل الميلاد، وربما أدى الانفجار الهائل إلى انهيار الحضارة المينوية فوق جزيرة كريت المجاورة. قد تكون هذه الأحداث هى أساس أسطورة أتلانتس وهى جزيرة يقال إنها قد دمرت فى كارثة نارية.

الجمـــال النائــــم



كنيسة مبنية على بقايا متآكلة من بركان لوبو القديم بفرنسا

أحيانًا تظل البراكين خامدة لسنوات وأحيانًا تفصل قرون ما بين ثورة بركانية وأخرى. وفي فترة الخمود تلك، قد تتسرب الغازات البركانية بهدوء من الصهارة الباردة التي تقع تحت البركان. وبينما تتصاعد هذه الغازات بين صخور الجبل البركاني، فإنها تتفاعل كيميائيًا مع المعادن الموجودة أصلاً في الصخور فتكوّن معادن جديدة، تظهر عادة في شكل بلورات كبيرة زاهية الألوان. وفوق سطح الأرض تتصاعد الغازات إلى الغلاف الجوي، وتبدأ فوهة البركان الباقية بعد آخر ثورة بركانية تتآكل بالتدريج، فتنمو النباتات فوق الصخور الجديدة (انظر صفحتي 40-41) وتجعل عوامل التعرية من رياح وأمطار المنحدرات أقل حدة. وإذا ما استمرت فترة الخمود على مدى عشرات الآلاف من السنين، يصبح من الصعب معرفة أن بركانًا موجودًا أصلاً في هذه المنطقة. في هذه المرحلة يمكن القول بدون خوف إن هذا البركان صار هامدًا.

بلورات الزيوليت المشعة من جزر فيرو

ولدت داخل الحمم

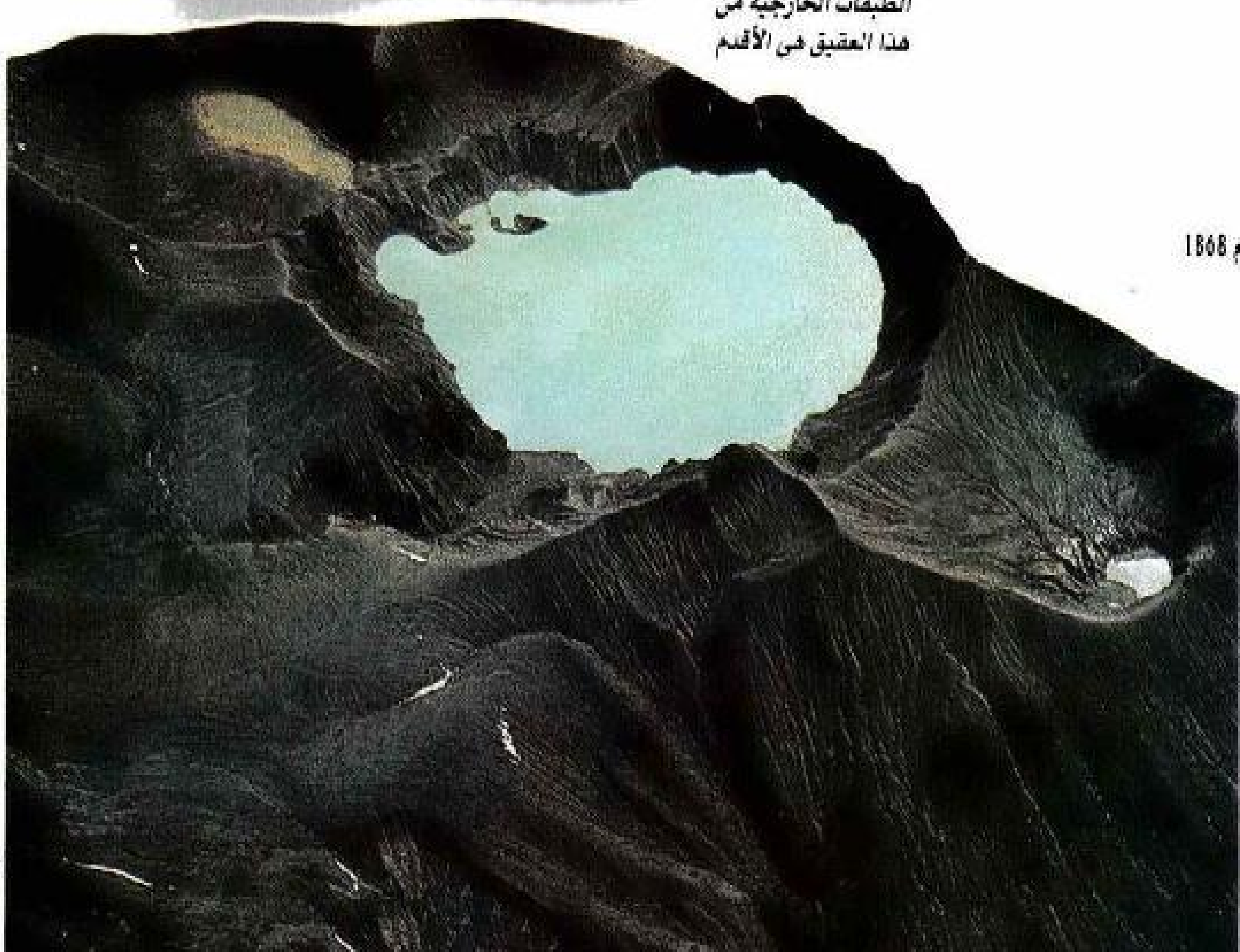
تنمو بلورات الزيوليت في فقاعات الغاز القديمة داخل الحمم، وهي موجودة بألوان وأشكال متعددة.

العقيق

تتكون هذه الأحجار ذات الطبقات الجميلة في التجويفات داخل الصخور البركانية الباردة، وهذه الطبقات التي تشكّلت كل واحدة منها في وقت مختلف اكتسبت ألوانها من أكسيدات وهيدروكسيدات الحديد.

الطبقات الخارجية من هذا العقيق هي الأقدم

مغامران ينزلان إلى فوهة بركان هيكلا بأيسلندا عام 1868

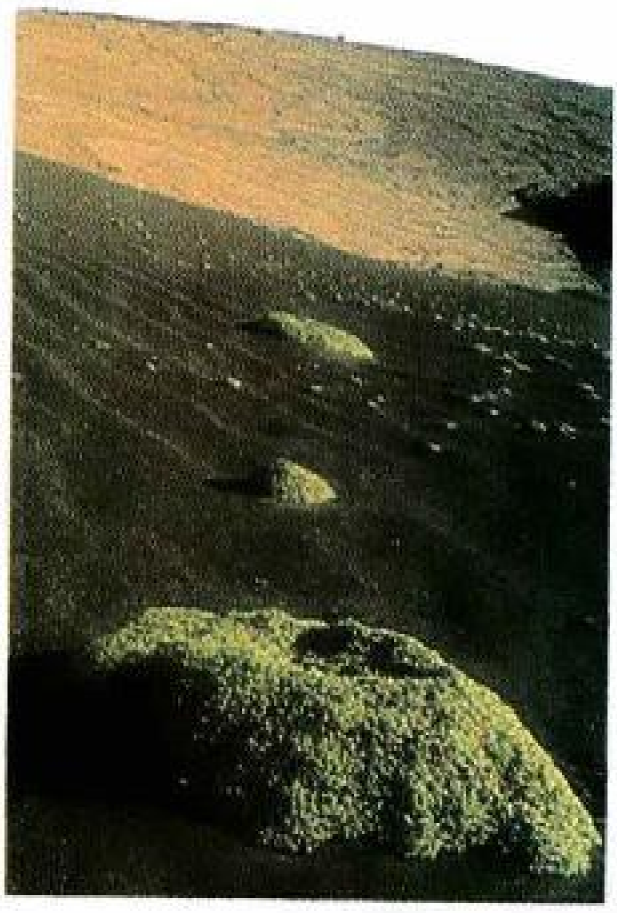


بحيرة فوهة البركان

عادة ما تمتلئ فوهات البراكين بمياه الأمطار المتساقطة فيما بين الثورات البركانية. هذه البحيرة الواقعة فوق فوهة بركان شيران باليابان حمضية للغاية، وذلك بسبب الغاز المتصاعد من غرفة الصهارة بالأسفل والمذاب في الماء (انظر صفحتي 20-21). خلال الثورة البركانية تندفع المياه الحمضية بقوة من فوهة البركان، تختلط المياه بالصخور الساخنة وكتل الحجارة وتتدفق أسفل الجبل محدثة انزلاقات طينية مهلكة (انظر صفحتي 56-57).

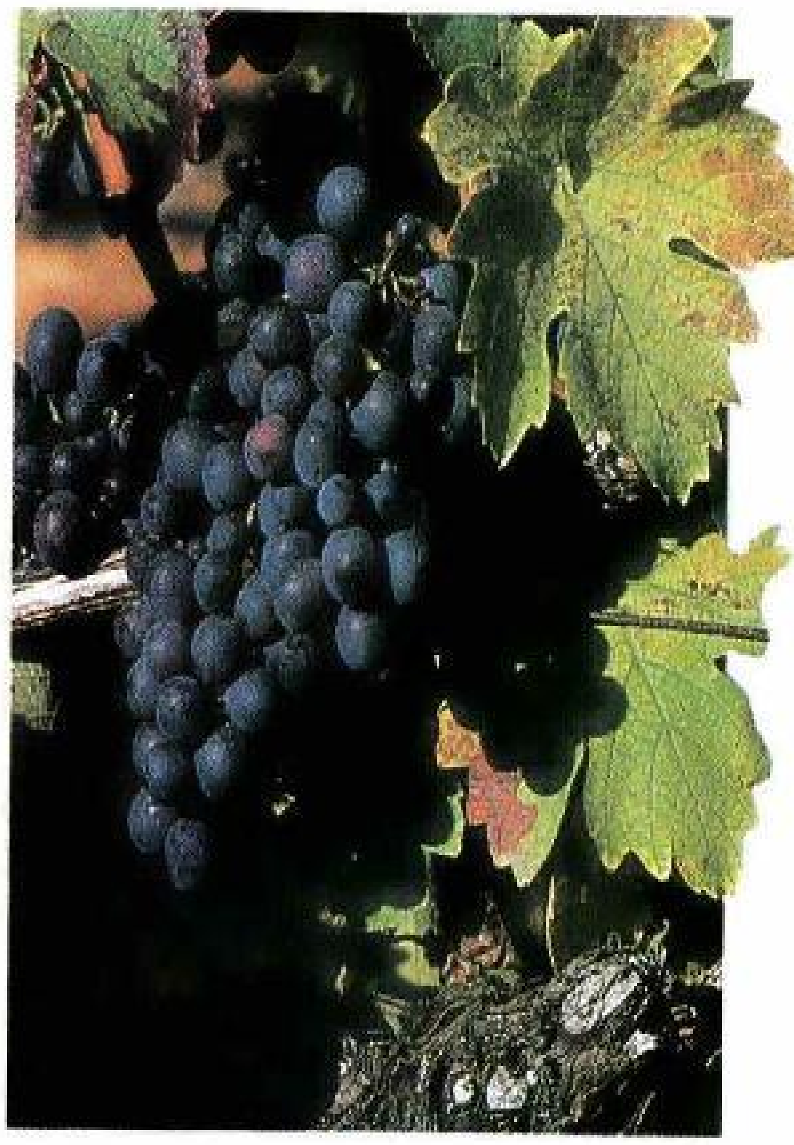
ميلاد جزيرة

فى نوفمبر 1963 تسببت ثورة بركانية تحت سطح البحر جنوب غرب أيسلندا فى ميلاد جزيرة جديدة هى سيرتسى (انظر الصفحة 20). وفى اليوم الثالث (الصورة فى الأعلى) كانت الثورات البركانية لا تزال تنفجر بصورة عنيفة.



انجرفت على الشاطئ

سرعان ما نمت البذور التى تطايرت أو انجرفت فوق شاطئ سيرتسى بعد أن امتدت جذورها فى حقول الرماد القريبة (الصورة فى الأعلى) كان الشاطئ نفسه جافا، الأمر الذى جعل من الصعب على معظم النباتات أن تنمو فوقه.



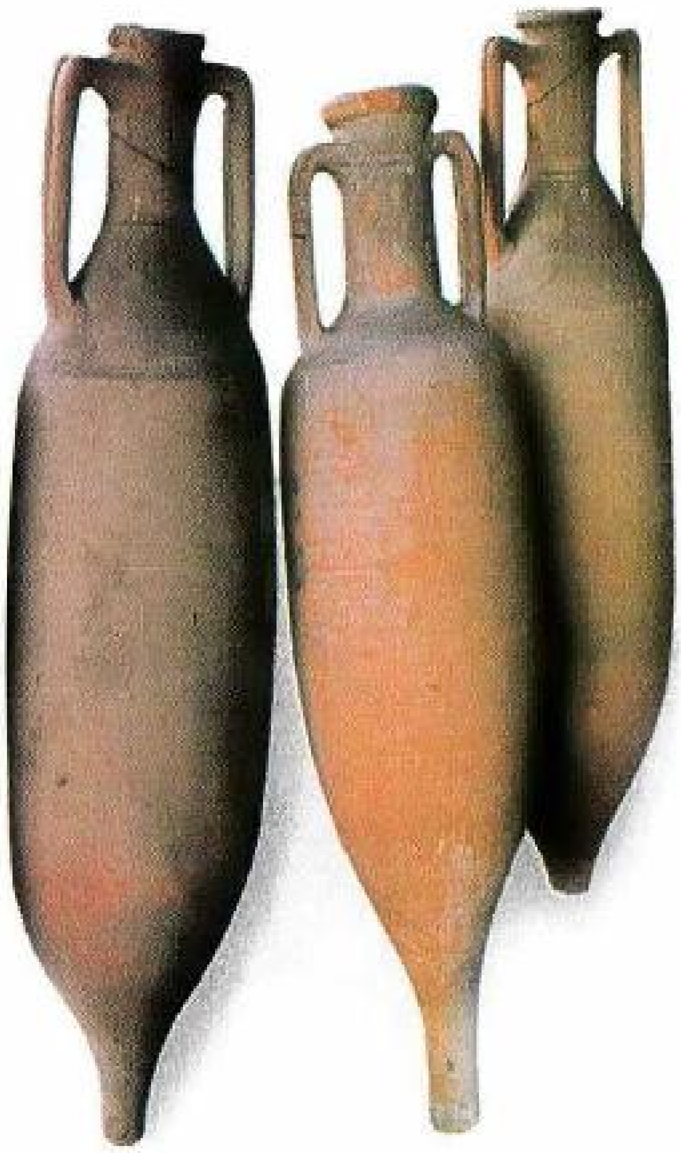
داخل كرمة العنب

اكتسبت الأرض الخضراء حول جبل فيزوف خصوبتها من الرماد الذى نجم عن الثورات البركانية المنتظمة على مدى العشرين قرنا الماضية. ويوفر هذا الرماد العناصر اللازمة لنمو محصول كبير من العنب.

فراشة طاوسية تتغذى على الرحيق من النباتات المزهرة

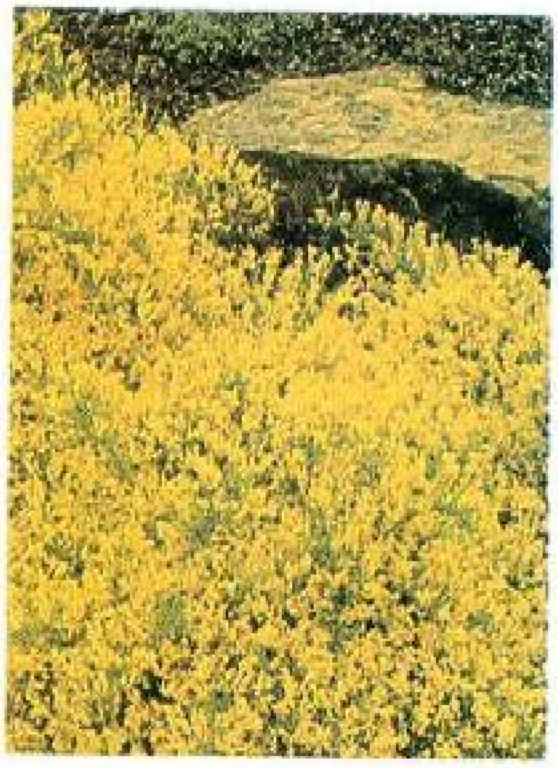
نبات عشبى مزهر

بمرور الوقت تصبح التربة سميكة بما يكفى للسماح بنمو النباتات الضخمة



القواريـر الرومانيـة

توضح مجموعة القوارير تلك ـ والتى تستخدم فى تخزين العصائر وزيت الزيتون والتى عثر عليها فى بومباى (انظر صفحات 26-31) ـ كيف كانت التربة خصبة فى العصور الرومانية.

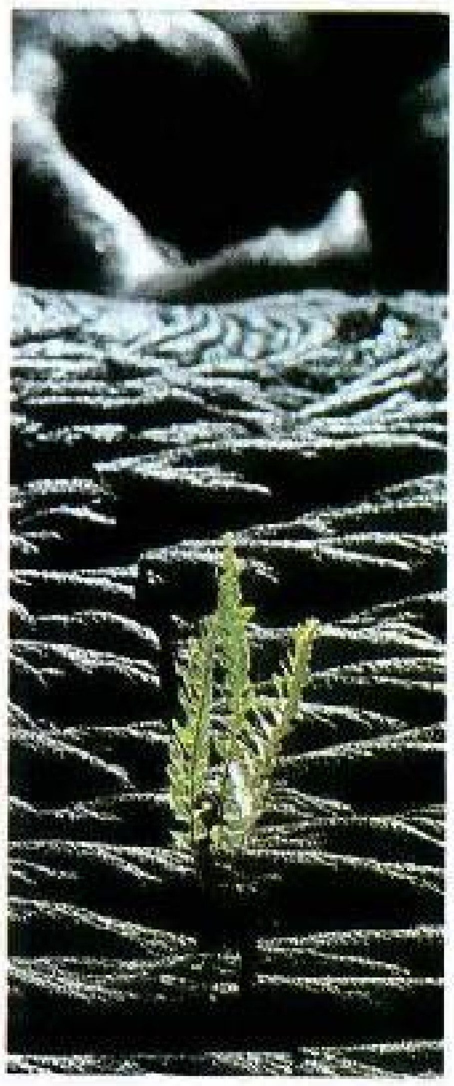


زهـرة الـليـديـا

هـذه الشـجيرة ذات الألـوان الزاهية هى نوع من الرزال وهو أحد النباتات الأولى لتى تنمو على الحمم فى فيزوف.

فسيفساء من بومباى للآلهة فينوس، إلهة الخصوبة لدى الرومان

الحياة تعود إلى الحمم



نمو الجذور
ينمو هذا السرخس فى حمم باهوى هوى اللزجة وعمرها أقل من عام فوق منحدرات بركان كيلاوى بهاواى (انظر صفحتى 22-23).

للثورات البركانية تأثير عميق على معالم السطح. ففى العالم أجمع تعتبر الأرض موردًا لا يقدر بثمن، حيث تنمو المحاصيل لتغذية السكان. وبالنسبة للمالك والمزارع، فإن الثورة البركانية التى تُخلّف أقل من 20سم (8 بوصات) من الرماد هى نعمة، فالرماد غنى بالمواد التى تغذى التربة، ولكن الكثير من هذا السماد المجانى يعد كارثة، فإن أسوأ ما يمكن أن يحدث للمزارع هو اجتياح تدفقات الحمم لأرضه، فالتدفقات الكثيفة تحتاج إلى أشهر كى تبرد. وربما تمر عقود (وقرون فى الأجواء القاسية) تنمو خلالها الطحالب والأشنات ببطء فى أراضى الحمم القحطاء، ويتبع ذلك ظهور النباتات المزهرة، وأخيرًا الأشجار تنمو فى الطبقة العليا من الصخور الصلبة ببطء وتعمل جذور النباتات على تفتيتها لتكوين التربة. وفقط عندما تغطى السطح تربة غنية عندها تصبح الأرض خصبة مخضرة مرة أخرى. وقد تستغرق هذه العملية أجيالاً عديدة.

تدفق الحمم عام 1944 جبل فيزوف

الحمم الخام

تجد القليل من الأشنات موطنًا لها فوق الحمم

تغطى الأشنات الحمم فتمنح سطحًا أملس للكائنات الأخرى

الصخور تتفتت وتتحول إلى تربة، فتضرب الطحالب والحشائش بجذورهما فيها

مجموعة الطحالب

تعتمد السرعة التى تعود بها النباتات إلى الحمم على طبيعة المادة المنبعثة من الانفجار. ويُعد الفتات البركانى الرمادى أسرع المواد التى تعاود النباتات استعمارها، ويكون معدل نمو النباتات أبطأ ما يمكن فوق تدفقات الحمم. كما يلعب المناخ والارتفاع دورًا فى تحديد معدل النمو الذى يكون أسرع فى المناطق المدارية. تأتى أجزاء الحمم هذه من نفس تدفق أُهد عام 1944 فوق المنحدر الغربى لجبل فيزوف بإيطاليا، وبعد 47 عامًا تغطى الأشنات الكثير من هذا التدفق وتظهر جذور الطحالب والحشائش والنباتات المزهرة العشبية، والأشجار الوحيدة التى زرعتها الحكومة هى الصنوبرات الصغيرة.

أبخرة تتصاعد من جبل فيزوف عقب ثورة طفيفة عام 1855

القضيب الساخن

هذا القضيب المعدنى أداة مثالية لجمع الحمم الساخنة الحمراء، فمن خلال الإمساك بأحد طرفيه والذى يعد آمنًا نسبيًا، فإن عالم البراكين يغمس الطرف البعيد من القضيب داخل تدفقات الحمم، ثم يقوم بلفها والإمساك بقطعة من الحمم والتى تبرد سريعًا بمجرد أن تنتزع من مجرى التدفق الرئيسى.

قبعة صلبة

منظار ثنائى

شريط القياس

يجب أن يكون شريط القياس فى متناول اليد لفحص الشقوق داخل الأرض والتى قد تتسع من يوم لآخر بصورة يصعب ملاحظتها.

قفازات مصنوعة من معدن الأسبستوس المقاوم للحرارة

نظرة عن قرب

تساعد المناظر الثنائية الأشخاص على النظر عن قرب إلى البركان (فى هذه الصورة يظهر بركان كيلاوى بهاواى) دون أن يقتربوا فعليًا.

مستكشف الطرق

إن أرض البركان الثائر تتعرض دائمًا للتغير، حيث تتجمد الحمم الجديدة متحولة إلى صخور. وتكون أشكالاً جديدة للأرض، وجهاز التعدين الفعال هو أداة تستخدم فى أعمال المسح وهى مفيدة جدًا عند وضع الخرائط البسيطة والسريعة. والجهاز مزود ببوصلة وميزان تسوية (لتعيين المواضع الأفقية والرأسية). ولأنه صغير وخفيف فيمكن أن يشبك فوق حزام عالم البراكين.

ملتهبة للغاية

لجمع العينات الساخنة وللعمل بالقرب من الحمم الحمراء الملتهبة فإن علماء البراكين يقومون بارتداء قفازات من الأسبستوس، كما تحميهم القبعات الصلبة من المقذوفات البركانية الصغيرة (انظر الصفحة 18).

ميزان تسوية

بوصلة

ترمومتر يسجل قراءات الحرارة حتى 250°م

نقطة الدوران

حامل ثلاثى القوائم قابل للطى

رسم خريطة الأرض المتحركة

يمكن للميزان الدقيق أن يرصد التغيرات الطفيفة داخل سطح الأرض والتى تنبئ بحدوث بركان.

قياس حرارة البركان

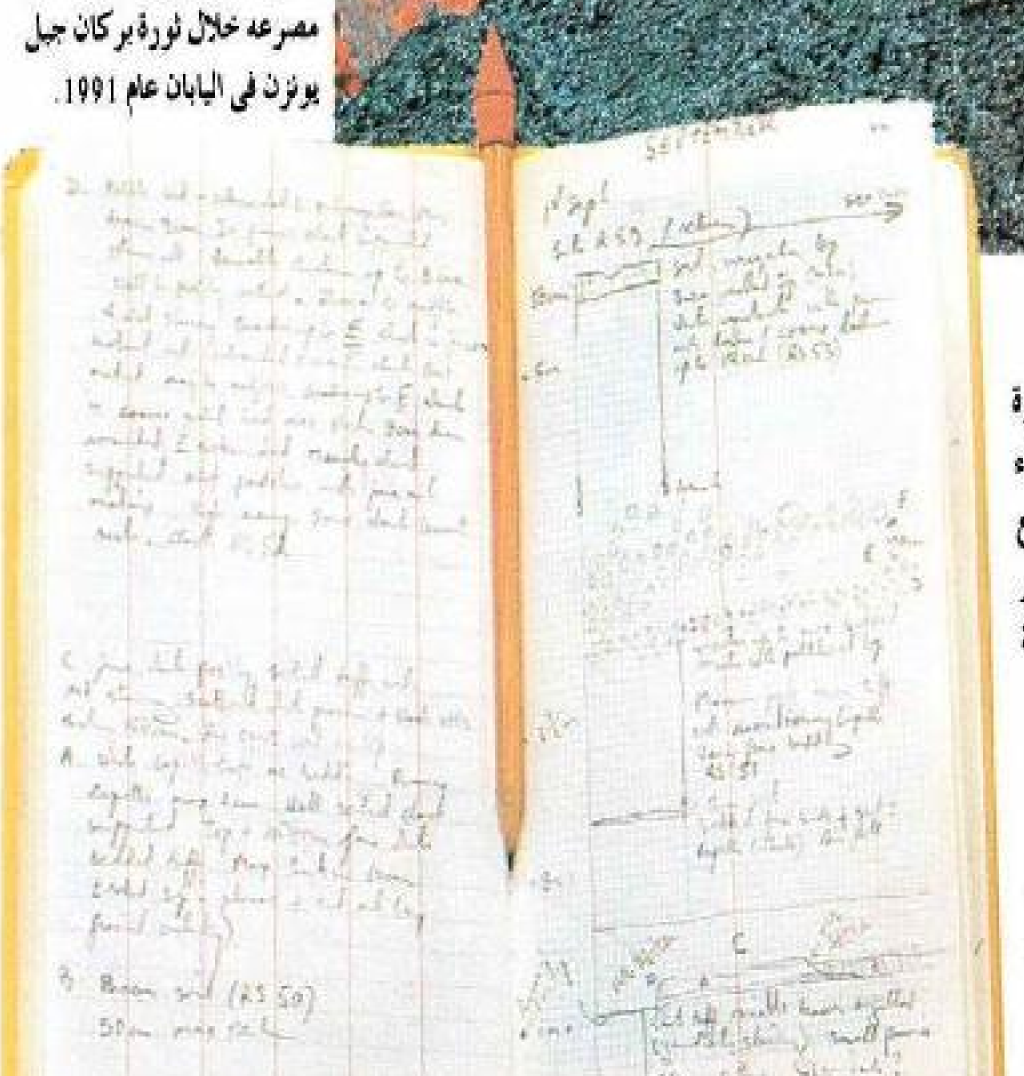
تغامر كاتيا كرافت وتقترب من الحرارة الشديدة لتأخذ قياس درجة حرارة الحمم فوق بركان بيتون دى لا فورنيز فى جزيرة ريونيون (انظر صفحتى 22-23) هى لا تستخدم ترمومترًا زجاجيًا يمكن أن ينصهر ولكنها تستخدم ترمومترًا كهربائيًا يُسمَّى المزدوجة الحرارية. وكانت القراءة 1.100°م (2.000°ف)، وهى أقل من درجة انصهار الصلب بمقدار 300°م (760°ف).

عندما تصبح عالم براكين

بالنسبة لعالم البراكين - الذى يراقب ويسجل ويفسر أنشطة البراكين - تكون الحياة فوق صفيح ساخن حيث يقضى علماء البراكين سنوات لرصد الأنشطة البركانية محاولين التنبؤ بزمان وكيفية حدوث الثورات المستقبلية. ويقضون معظم أوقاتهم فى تحليل المعلومات داخل المكتب أو المعمل، ولكن الأعمال الميدانية فوق منحدرات البراكين النشطة أو الثائرة تعتبر أمرًا فى غاية الأهمية. ويتضمن هذا أخذ عينات من الحمم والغازات وقياس التغيرات فى درجات الحرارة وأشكال الأرض، وفى بعض الأحيان يضطرون إلى ارتداء ملابس واقية. وفى مطلع القرن الحادى والعشرين تعلقت آمال كبيرة على دقة التنبؤات وذلك عندما رصد العلماء الاهتزازات أو الرجفات الأرضية التى تستمر دقيقة أو أكثر. وهى تحدث عندما تنطلق الصهارة إلى أعلى من خلال الشقوق داخل البركان، وفيما تتزايد مرات وقوعها يتمنى العلماء أن يتمكنوا من التنبؤ بوقت حدوث الثورة البركانية.

كاتيا كرافت
كرس عالما البراكين الفرنسيان كاتيا وموريس كرافت حياتهما فى تسجيل أنشطة البراكين. هذه الصورة التى التقطها موريس تظهر فيها كاتيا وهى تراقب نافورة نارية وترتدى بذلة واقية، إلا أن هذا الفريق المكون من الزوج وزوجته لقى مصرعه خلال ثورة بركان جبل يونزن فى اليابان عام ١٩٩١.

بذلة تعزلك عن العالم
لهذه البذلة الواقية غطاء معدنى يعكس الحرارة الشديدة الناجمة عن الثورة البركانية مما يوفر للعلماء وسطًا معتدل الحرارة بداخلها، ولكنها أيضًا تمنع مرتديها من الإحساس أو سماع أو رؤية ما يدور حوله. وفى المناطق الضيقة قد تعوقه البذلة الضخمة عن النجاة بنفسه.



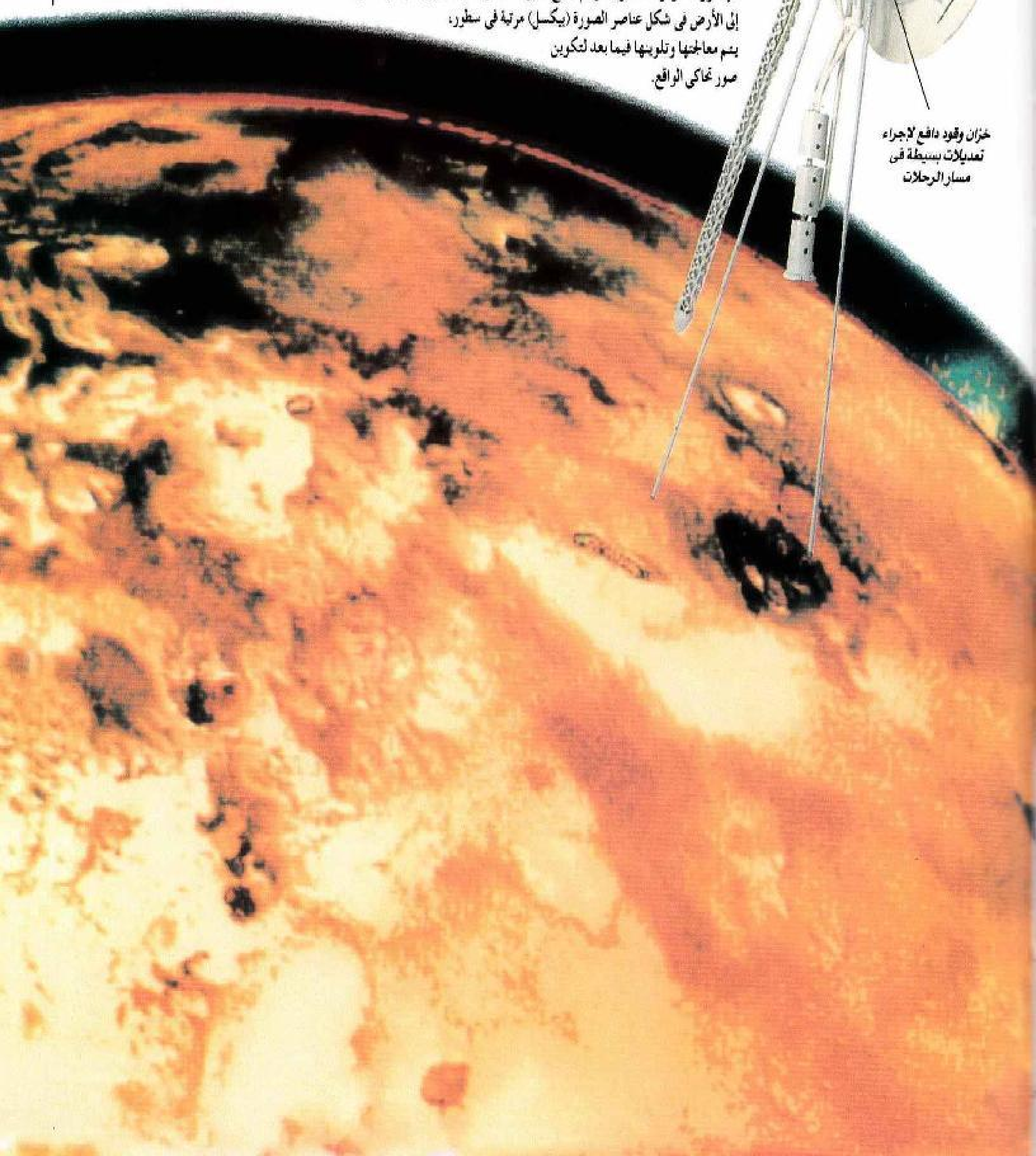
سيرة البركان
إن مذكرة عالم البراكين هى تاريخ البركان وكأنها فصل فى سيرته الذاتية: ففيها يدون العالم الملاحظات ومسودات لكل الأحداث الجسيمة والصغيرة خلال الثورة البركانية، وقد لا تتكشف دلالات الكثير من الأشياء إلا لاحقًا.

مركبات الفضاء

انطلقت مركبتا الفضاء فويجر عام 1977 وعبرتا أمام المشترى عام 1979 وزحل ما بين (1980 و 1981) وهذا هو نموذج لمركبة الفضاء فويجر 1 التى وصلت إلى زحل قبل أن تنطلق فى رحلتها داخل الفضاء. واتجهت مركبة الفضاء فويجر2 نحو أورانوس عام 1986. وفى عام 1989، أى بعد انطلاقها بـ ١٤ عامًا، أرسلت معلومات من نبتون.

تصوير النجوم

التقطت مركبتا الفضاء فويجر صورًا لثمانية براكين فوق القمر إيو فى أثناء ثورانها، كما صورتا أيضًا حوالى 200 كالديرا ضخمة بعضها مملوء بما يبدو أنه بحيرات من الحمم النشطة، وقد تم تجميع هذه الصور بواسطة فيديكون وهى نوع من الكاميرات التليفزيونية والتى تستخدم بدفعة الإلكترونات وموصلاً ضوئيًا، ويتم تجميع المعلومات بطريقة رقمية وإرسالها مرة أخرى إلى الأرض فى شكل عناصر الصورة (بيكسل) مرتبة فى سطور، يتم معالجتها وتلوينها فيما بعد لتكوين صور تحاكى الواقع.



البراكين فوق الكواكب الأخرى

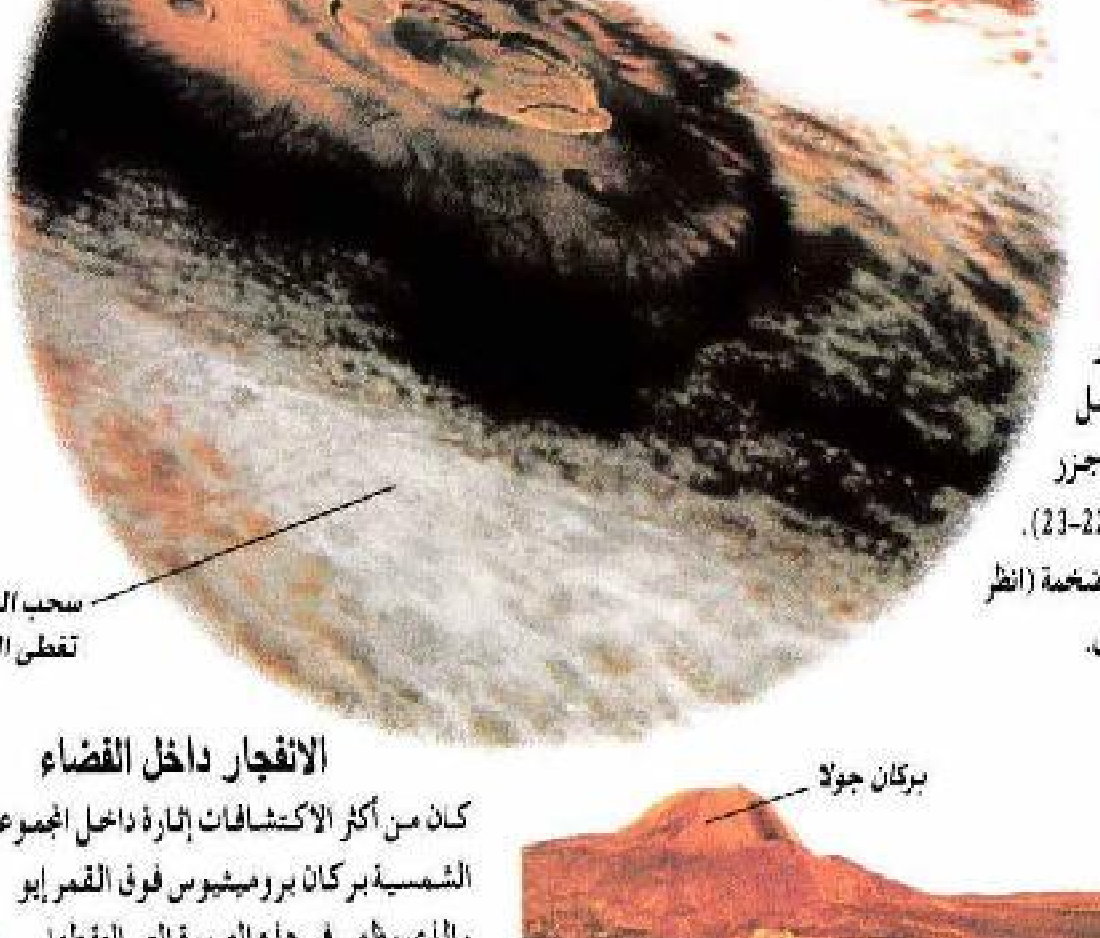
تنظيف الكوكب

فى قصة الأطفال الشهيرة «الأمير الصغير» للكاتب الفرنسى أنطوان دوسانت أكزوبرى يعيش البطل على كوكب (أستيرويد بى 612) به بركانان نشيطان. وقبل أن ينطلق فى رحلته يقوم بتنظيفهما للتأكد من أنهما لن ينفجرا ويثيرا المشاكل فى أثناء غيابه. وهو يعلم أن ذلك من الممكن أن يحدث إذا ما انسد حلقهما ولم يستطيعا التنفس، كما أنه ينظف أيضًا بركانه الخامد لأنه كما يقول: «لا أحد يعلم ما قد يحدث!».

أظهرت اكتشافات الفضاء أن النشاط البركانى هو أحد أهم العمليات الجيولوجية فى المجموعة الشمسية، فقد حملت إلينا البعثات الفضائية المتعددة على مدى العقدين الماضيين صورًا وعينات من الصخور؛ كما أن بعض المركبات لن تعود ثانية إلى الأرض، ولكنها ستستمر فى السفر داخل الفضاء العميق فترسل معلومات من خلال أطباق الاتصال يمكن ترجمتها بواسطة الكمبيوتر إلى صور مفصلة عن الكواكب البعيدة، ونحن نعلم الآن أن العديد من الأجرام الكوكبية تنتشر على أسطحها فوهات ضخمة، ولكن القليل منها هو البركانى، فمعظمها عبارة عن فوهات ناجمة عن الارتطام وهى الندبات التى تخلفها التصادمات مع النيازك. ومثل الأرض، فإن القمر وكوكبى الزهرة والمريخ لها أسطح صلبة تشكّلت جزئيًا من جراء النشاط البركانى، إلا أن البراكين فوق القمر والمريخ صارت هامدة منذ ملايين السنين، ويظن العلماء أن البراكين فوق كوكب الزهرة لا تزال نشطة. ولكن من كل الكواكب الأخرى الموجودة فى مجموعتنا الشمسية فإن «إيو» أحد أقمار كوكب المشترى الـ 16 هو الوحيد الذى تظهر عليه براكين مازالت نشطة وثائرة.

القمر الملون

عندما عبرت مركبة الفضاء فويجر أمام القمر إيو عام 1979 كشفت عن أكثر أجرام المجموعة الشمسية تلُّقًا بالألوان (غير الأرض) فسطح القمر ملون بالأحمر والأصفر والبرتقالى والبنى وهى الألوان التى يمر بها الكبريت إلى أن يبرد ويتجمد تدريجيًا.



أوليمبس مونز

يمتد بركان أوليمبس مونز الهامد لمسافة 600كم (370ميلاً) ويصل ارتفاعه إلى 25كم (15ميلاً) فوق السهول المحيطة، مما يجعله أعلى نقطة فوق كوكب المريخ، وأكبر بركان موجود حتى الآن داخل الكون. فهو أكبر من سلسلة جزر هاواى بأكملها (انظر صفحتى 22-23). وفوق قمته تتراكب الكالديرات الضخمة (انظر صفحة 39) الواحدة داخل الأخرى.

الانفجار داخل الفضاء

كان من أكثر الاكتشافات إثارة داخل المجموعة الشمسية بركان بروميثيوس فوق القمر إيو والذى يظهر فى هذه الصورة التى التقطها المسبار فويجر يطلق سحابة من الغازات لمسافة 160كم (100 ميل) فوق السطح الصلب. وتبدو السحابة باهتة على خلفية الفضاء المظلم، وتقذف السحب الناجمة عن البركان بعيدًا داخل الفضاء، لأن جاذبية القمر ضعيفة جدًا ولا يحيطه غلاف جوى.

تحت السحاب

استخدمت مركبة الفضاء «ماجيلان» الرادار المصور لاختراق الغلاف الجوى الكثيف لكوكب الزهرة، وأظهرت الصور براكين ضخمة وفوهات كبيرة مختبئة تحت السحب، ومثل أغلب معالم كوكب الزهرة، فقد أطلق عليها أسماء سيدات، بما فى ذلك أسماء إلهات من الأساطير.

معبد جوبيتر

اهتزاز المعبد

فى عام 62 ميلاديًا ضرب زلزال عنيف مدينتى بومباى وهيركولانيوم الرومانيتين، وكان ذلك قبل انفجار بركان جبل فيزوف بـ 17 عامًا (انظر صفحتى 26-31). يوضح أفريز رخامى من منزل فى بومباى الهزة الأرضية التى دمرت معبد جوبيتر.

اهتـزاز الأرض

كتب الفيلسوف الرومانى سينيكا فى كتاب «الأسئلة الطبيعية» عن الزلزال الذى دمر مدينة بومباى عام 62 بعد الميلاد، وقد كان مهتمًا بصفة خاصة بالآثار النفسية التى تحدث بسبب الهزة الأرضية، وفى اعتقاده فإن الخوف رد فعل طبيعى، فتساءل قائلاً: «هل من الممكن أن يبدو أى شيء آمن بدرجة كافية لأى شخص إذا كان العالم ذاته يهتز، وتنهار الأجزاء الصلبة منه».

عندما تتشق الأرض

تتشقق الصخور الصلبة لتقليل الضغط الناتج عن حركة الألواح التكتونية (انظر صفحتى 12-13). وقد تصدع هذا الطريق فى أثناء زلزال بلغت قوته 6,9 درجات على مقياس ريختر (انظر صفحتى 48-49).

الأرض المتصدعة

إن الثورات البركانية عادة ما تكون مصحوبة بحدوث الهزات الأرضية، وتنتج هذه الزلازل - التى لا تكون عنيفة فى الغالب - عن حركة الصهارة تحت البركان. هنا تسببت الصهارة الصاعدة فى تصدع الأرض قبل ثورة بركان بيتون دو لا فورنيز فى جزيرة ريونيون (انظر صفحتى 11، 23).

السخرية من الخرافات

كتب المؤلف الفرنسى فولتير (1694-1778) عن زلزال لشبونة الكبير الذى حدث عام 1755، وذلك فى روايته الساخرة «كانديد». هزت الكارثة أوروبا وانتشرت تأويلات كثيرة حول سببها، وقد سخر فولتير من السكان الذين ألقوا باللوم على الكثير من الأجانب أنهم سبب حدوث الزلزال ثم أعدموهم فيما بعد.

صلب كالصخرة

لهذه القطعة من الحجر الجيرى لمعان طبيعى اكتسبته نتيجة الضغوط والاضطرابات السطحية الناجمة عن الهزات الأرضية، وقد انصهر سطحها المنبسط تقريبًا نتيجة حرارة الاحتكاك التى تولدت عند تحطم الصخرة.

زلازل ونيـران وفيضـانـات

دمر زلزال عام 1755 ثلاثة أرباع مبانى لشبونة، ثم التهمت الحرائق التى اشتعلت على مدى الأيام الستة التالية معظم ما تبقى. كما حطمت الأمواج العاتية (تسونامى، انظر صفحتى 56-57) الميناء وقد شوهدت بعيدًا من إنجلترا، ولقى أكثر من 10,000 شخص مصرعهم.

عندمـا تتحـرك الأرض

إن معايشة زلزال كبير تجربة مرعبة، فاهتزاز الأرض التي نقف عليها أمر في غاية الإرباك من الناحية الجسدية والنفسية، فعندما يبدأ الزلزال لا يعرف أحد كم سيستغرق من وقت أو كيف ستصبح شدته، وفقط عندما يتوقف نتأكد من إمكانية الحياة مرة أخرى. وأطول الهزات التي سجلت على الإطلاق هي تلك التي حدثت في ألاسكا يوم 23 مارس 1964 فقد استغرقت 4 دقائق (الصفحة 57) ولكن معظم الزلازل لا تدوم أكثر من دقيقة واحدة. وفي هذه اللحظات القصيرة تدمر المنازل والمحال وحتى مدنًا بأكملها، وفي بعض الأحيان تبدو الأرض وكأنها تتموج، وفيما بعد تظهر شقوق كبيرة داخل الأرض، والأغرب هنا أنه قد لا تظهر أية علامات من هذه التموجات الشديدة على الصخور. ويبدو أن الناس يجدون الشهور العديدة التي تشهد حدوث هزات صغيرة تتبع الزلزال الكبير فترة مقلقة للغاية.

كاريكاتير يصور زلزال سان فرانسيسكو عام 1906 ويقول التعليق: «أتمنى ألا يصيبني هذا الصداع الذي يشق الرأس مرة أخرى»

فيلـم يصـور كارثـة

تم عرض هذا الفيلم عن زلزال يدمر لوس أنجلوس بنظام المؤثرات الصوتية «Sensurround» وهي أصوات ذات ترددات منخفضة تحاكي تأثير الاهتزاز الذي يسببه الزلزال.

اهتزت حتى الأساسات

تلك المباني الخشبية التي وصل عمرها إلى ما يقرب من 75 عامًا بمقاطعة مارينا في سان فرانسيسكو قد بنيت على موقع دفن المخلفات، وقد انهارت من الأساسات عندما هبطت الأرض المدفون داخلها المخلفات بسبب اهتزازات زلزال 1989. (انظر الصفحة 7).

مطـوى

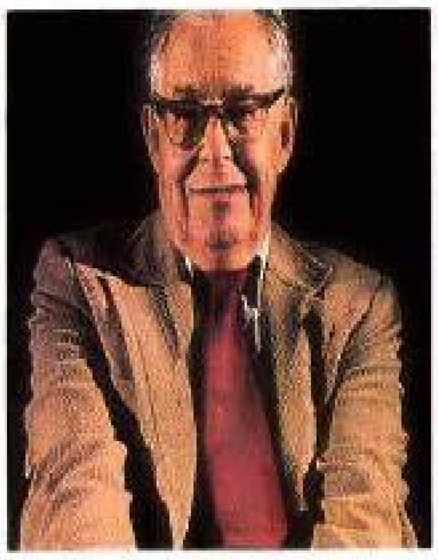
تلف هذا الكتاب خلال الزلزال الذي دمر مدينة سكوبيه في يوغوسلافيا يوم 26 يوليو 1963. ولقد عثر عليه ضمن حطام مبنى منهار. وتقع سكوبيه في نفس مكان مدينة سكوبي القديمة والتي سويت بالأرض تمامًا بسبب زلزال عام 518 بعد الميلاد.

حالـة مـن الذعـر

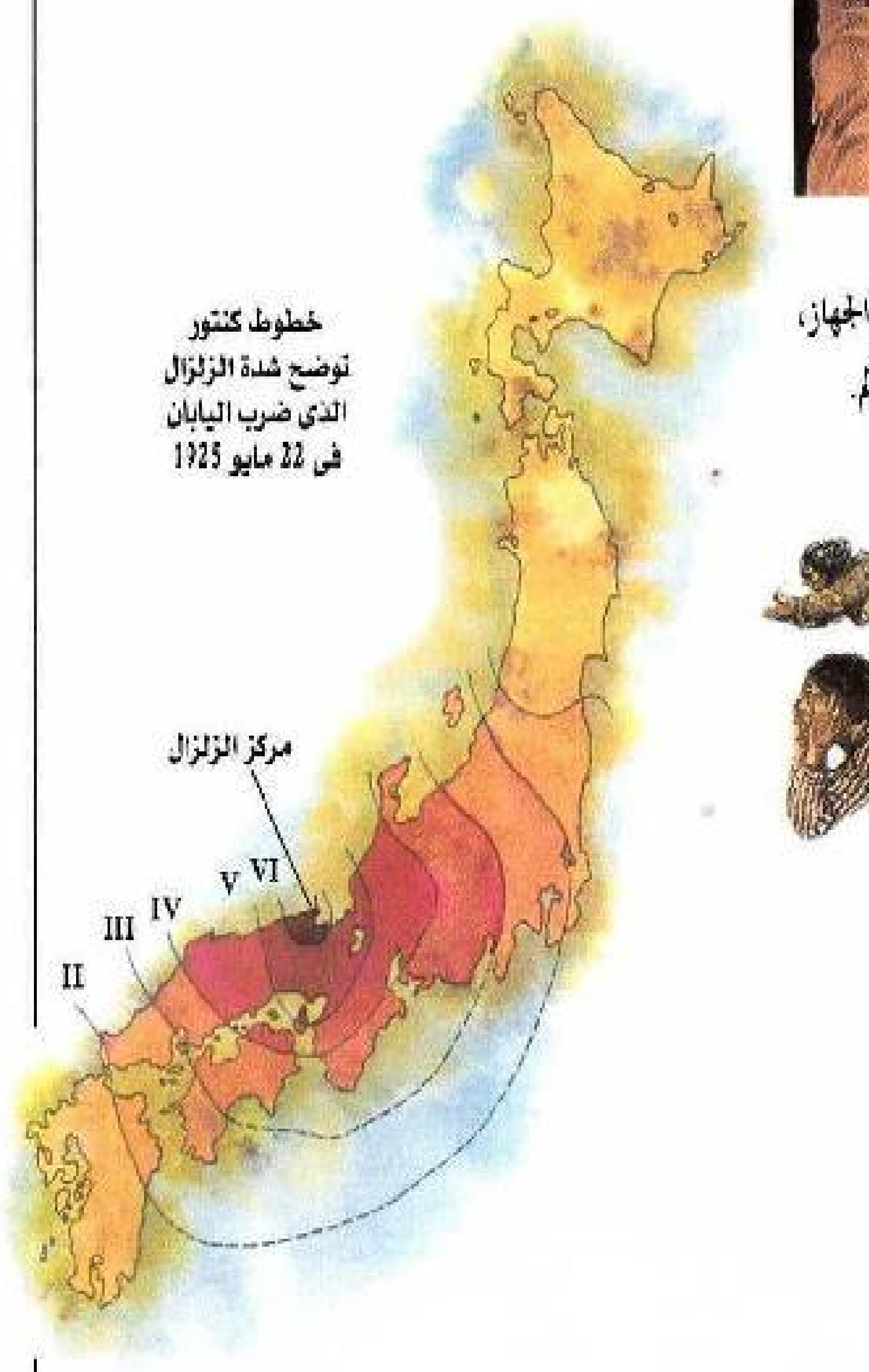
غادر الناس المباني وهرولوا إلى الشوارع في ذعر، حين ضرب الزلزال مدينة فالباريزو في تشيلي عام 1906، حيث انهارت المباني مع سقوط الحوائط.

القــوة

كان تشارلز ريختر يعمل فى كاليفورنيا فى الثلاثينيات وأراد أن يعقد مقارنات بين أحجام الزلازل المحلية. واستخدم الخطوط المتذبذبة لكى تعبر عن الهزة الأرضية والتى يتم تسجيلها على السيزموجرافات (انظر الصفحات 52-55)، ومع علمه بالمسافة التى تفصله عن كل زلزال، طبق ريختر عامل المسافة على الذبذبة القصوى، وبعدما وضع فى الاعتبار خصائص الجهاز، توصل إلى قياس قوة الزلزال. ويستخدم مقياس ريختر الآن فى جميع أنحاء العالم.



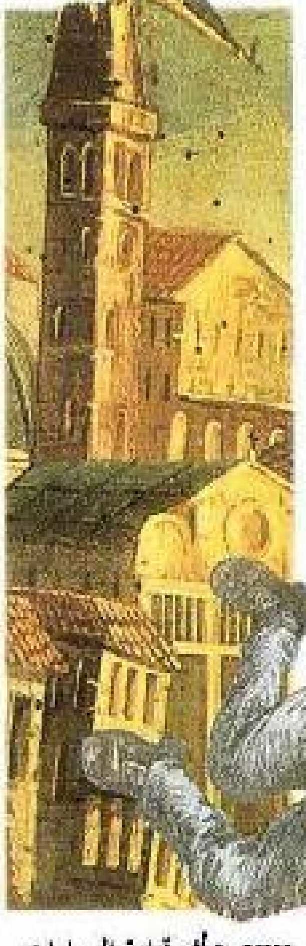
عالم الزلازل الأمريكى
تشارلز ف. ريختر
(1900-1985)



خطوط كنتور
توضح شدة الزلزال
الذى ضرب اليابان
فى 22 مايو 1925

تسجيل الهزات

اتخذ ريختر أصغر زلزال أمكنه تسجيله فى ذلك الوقت وأطلق عليه «قياس الصفر»، نظرًا لأن أجهزة الرصد اليوم أكثر حساسية بكثير، فإن أصغر الهزات التى تسجل تعطى قياسات ذات قيم سالبة، وأعلى قياس سجله جهاز ريختر بلغ حوالى 9 درجات.



VII: صعوبة فى الوقوف (الصورة أعلاه) يتحطم الأثاث، وتتصدع البنايات الجبسية وقوالب الطوب المتقلقلة ثم تتساقط. تظهر أمواج فى مياه البرك كما تدق الأجراس الكبيرة.

VIII: تتأثر قيادة السيارات. تتضرر الجدران الحجرية التى يسقط بعضها، وتنهار المداخن وأبراج الكنائس (الصورة أعلاه) والآثار وجذوع الأشجار؛ كما تحدث تغيرات فى تدفق الآبار والينابيع. تظهر تصدعات فى الأراضى الرطبة.

IX: حالة من الذعر العام، تجرى الحيوانات للأمام والخلف فى اضطراب، تلف عام لأساسات المبانى. تتزحزح المبانى الهيكلية عن قواعدها (الصورة أعلاه) فى حالة ضعف التثبيت. تتدفق الرمال، والطين، والمياه من الأرض فى شكل فقاعات.

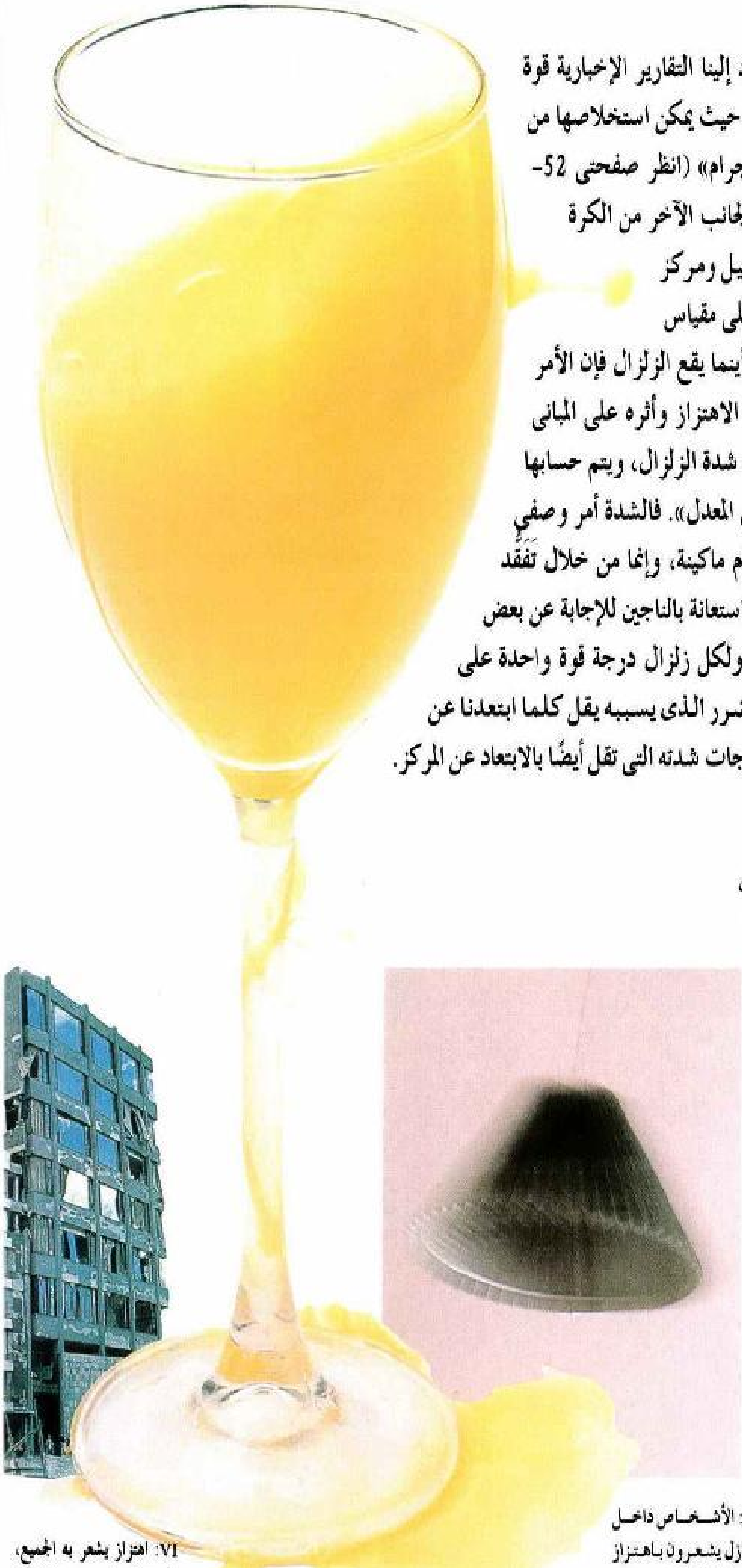
X: تنهار معظم المبانى الحجرية والهيكلية بالأساسات (الصورة أعلاه) تتقوض بعض المبانى الخشبية الجيدة البناء. تحدث انزلاقات أرضية كبيرة. تفيض المياه من الأنهار والقنوات.

XI: تتحطم خطوط السكك الحديدية بدرجة كبيرة. خطوط الأنابيب تحت الأرض تتوقف عن العمل تمامًا. تغدو الطرق السريعة عديمة الفائدة. تتشوه ملامح الأرض بسبب التصدعات الكبيرة. تحدث انزلاقات أرضية كبيرة وتسقط الصخور.

XII: عمليًا تتهدم كل البنايات الفوقية والتحتية أو تصبح عديمة الفائدة (الصورة أعلاه) يختلف سطح الأرض كثيرًا بسبب التصدعات والشقوق، يحدث تحول فى مجارى الأنهار، تتكون الشلالات؛ كما تظهر تموجات على سطح الأرض.

الشدة والقوة

كيف يمكنك قياس حجم الزلزال؟ عادة ما تورد إلينا التقارير الإخبارية قوة الزلزال بمقياس ريختر الذى تفيدنا قراءاته كثيرًا، حيث يمكن استخلاصها من خلال تسجيل لموجات الزلازل يسمى «سيزموجرام» (انظر صفحتى 52-55). ويمكن تسجيل موجات زلزال كبير على الجانب الآخر من الكرة الأرضية، فمع وضع المسافة بين جهاز التسجيل ومركز الزلزال فى الاعتبار، يمكن حساب قوة الزلزال على مقياس ريختر من أى مكان على ظهر الكوكب. ولكن أينما يقع الزلزال فإن الأمر الأكثر أهمية هو معرفة مدى شدة الاهتزاز وأثره على المبانى والأشخاص، ويسمى هذا المبحث شدة الزلزال، ويتم حسابها بمقياس آخر يسمى «مقياس ميركالى المعدل». فالشدة أمر وصفي محض، ولا يمكن قياسها باستخدام ماكينة، وإنما من خلال تَفَقُّد الأضرار الناجمة عن الزلزال والاستعانة بالناجين للإجابة عن بعض التساؤلات فى شكل استبيان. ولكل زلزال درجة قوة واحدة على مقياس ريختر، ولكن لأن الضرر الذى يسببه يقل كلما ابتعدنا عن مركزه، تتعدد درجات شدته التى تقل أيضًا بالابتعاد عن المركز.



جيوسيب ميركالى
(1850-1914)

الشدة

اخترع عالم البراكين الإيطالى جيوسيب ميركالى مقياس الشدة عام 1902، واستخدم 12 درجة بالأرقام الرومانية من I حتى XII. وتم تعديل مقياسه فيما بعد ليصبح «مقياس ميركالى المعدل».

I : الزلزال لا يشعر به الأشخاص، ولكن ترصده الأجهزة.

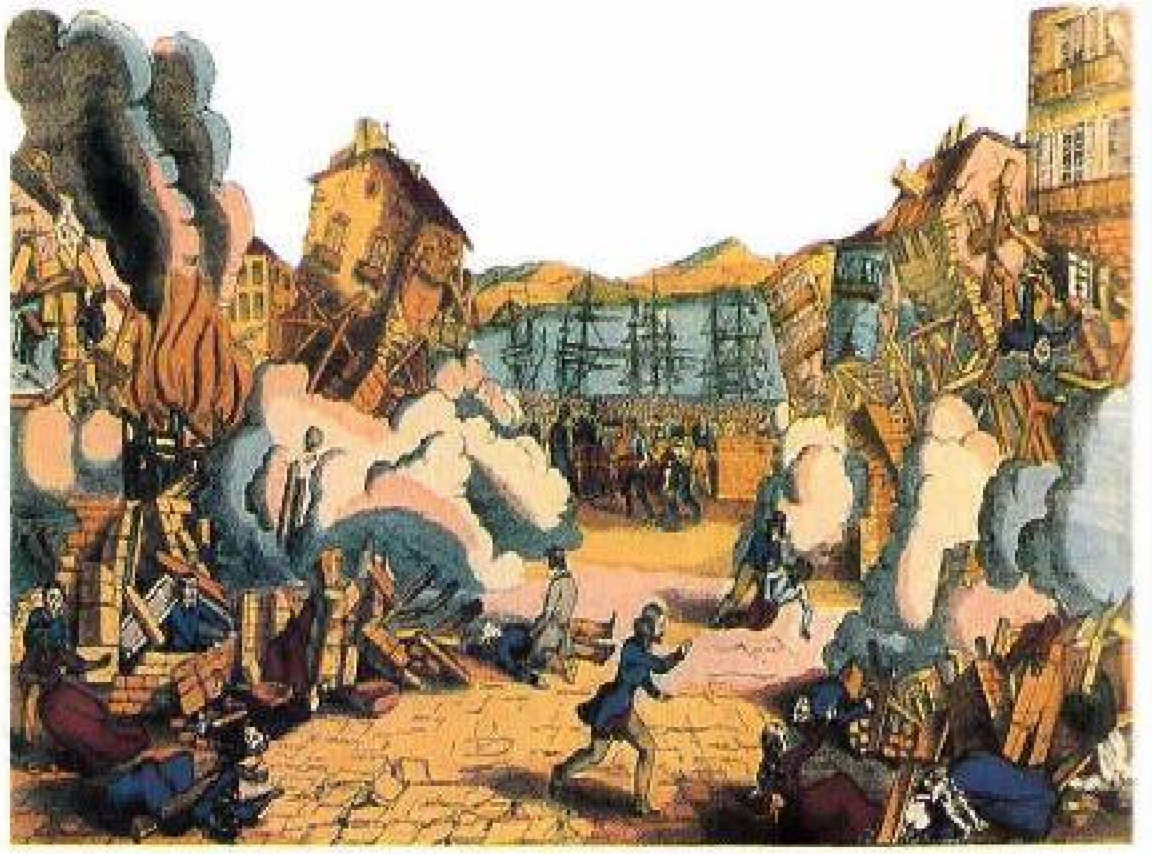
II: الأشخاص فى حالة الاسترخاء يشعرون بالهزة (الصورة أعلاه) وخاصة إذا ما كانوا فى الطوابق العليا من المبانى. قد تتأرجح الأشياء الخفيفة المعلقة.

III: الأشخاص داخل المنازل يشعرون باهتزاز يشبه الحركة الناتجة عن مرور شاحنة صغيرة. الأشياء المعلقة تتأرجح (الصورة أعلاه) يمكن تقدير طول الهزة، ولكن الأشخاص قد لا يدركون أنه زلزال.

IV: اهتزاز يشبه الحركة الناتجة عن مرور شاحنة ضخمة. الأطباق تتصادم والحوائط الخشبية يصدر عنها صرير، والعربات الواقفة تهتز.

V: اهتزاز يشعر به الأشخاص خارج المنازل وتنسكب السوائل من الأكواب (الصورة أعلاه) وتتساقط الأشياء الصغيرة. الأبواب تفتح وتغلق.

VI: اهتزاز يشعر به الجميع، فيخافون ويهرولون إلى الخارج، يسير الناس بلا توازن، تتحطم النوافذ والأطباق (الصورة أعلاه) وتسقط الصور من على الحائط وتدق الأجراس الصغيرة.



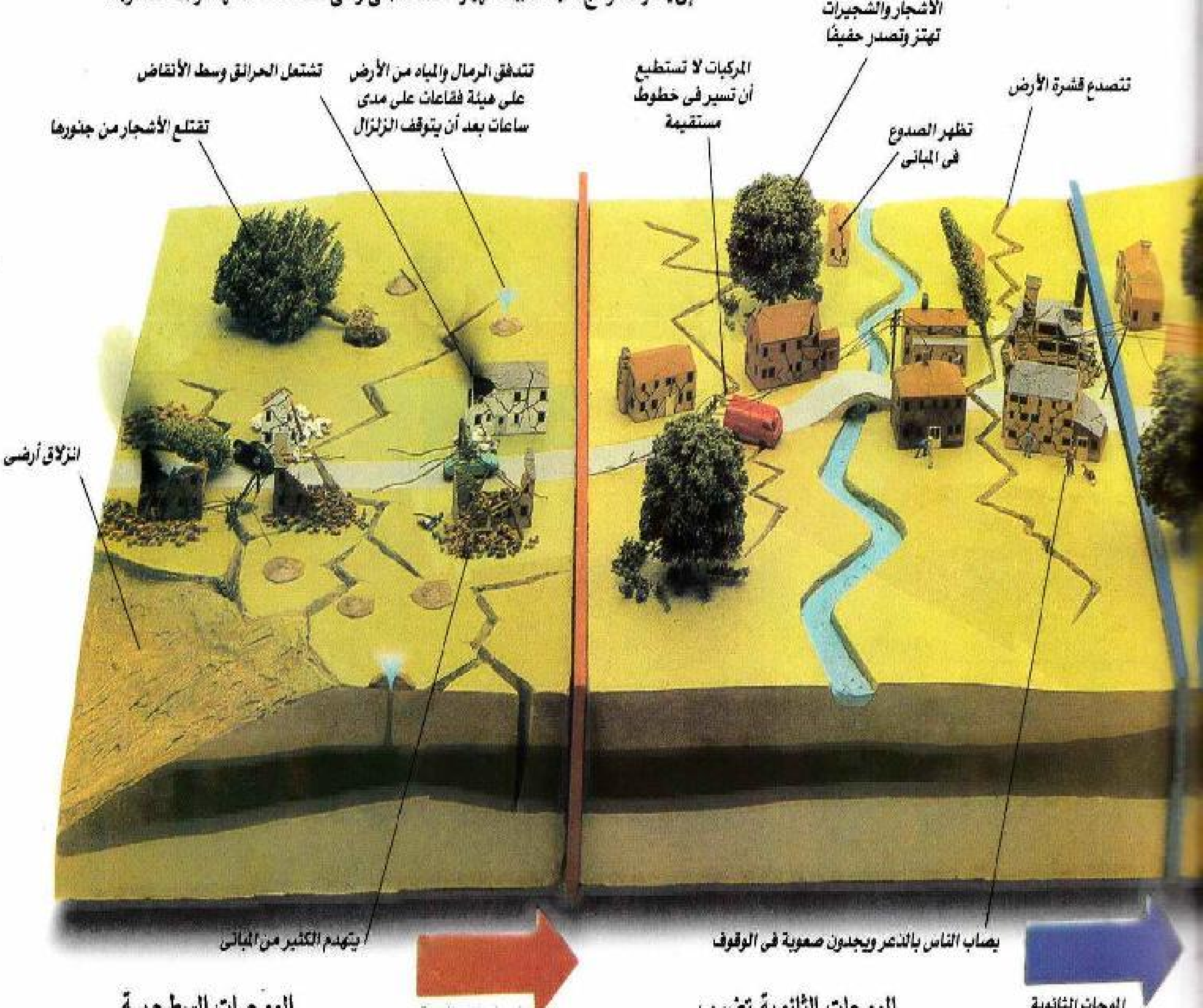
دمرت فى دقيقة

ضرب زلزال قوته 8 درجات بمقياس ريختر مدينة بوينت - إيه - بيتر فوق جزيرة جواديلوب فى البحر الكاريبى وذلك فى 8 فراير 1843. قال شهود عيان إن الزلزال استمر حوالى دقيقة. وكان هذا كافيًا لتدمير معظم المبانى كما أن الحريق الذى تبع الزلزال قضى على ما تبقى من المدينة.

سيدة تجلس بالقرب من أنقاض منزلها المنهار فى لايس بتركيا

معايشة الزلزال

يوضح هذا النموذج موجات الاهتزاز الناجمة عن زلزال كبير فى مرورها عبر الريف. يقع المركز السطحى فى أقصى يسار الصفحة. انتقلت الموجات الأولية السريعة (السهم الأصفر) إلى أبعد مسافة وهى على وشك أن تضرب المنطقة فى أقصى اليمين، يتبع ذلك الموجات الثانوية (السهم الأزرق) فتحدث ضررًا بالغًا. أما أبطأ الموجات وهى الموجات السطحية (السهم الأحمر) فتصل بعد ذلك بثوانٍ. وقد وصلت للتو إلى يسار النموذج، حيث سببت انهيارًا كاملا للمبانى والتى كانت قد أضعفتها الموجات الثانوية.



الموجات الثانوية تضرب

تتبع الموجاتُ الثانويةُ الموجاتِ الأوليةَ، تهتز المبانى وتتشوه حتى تتصدع أو تنهار.

الموجات السطحية

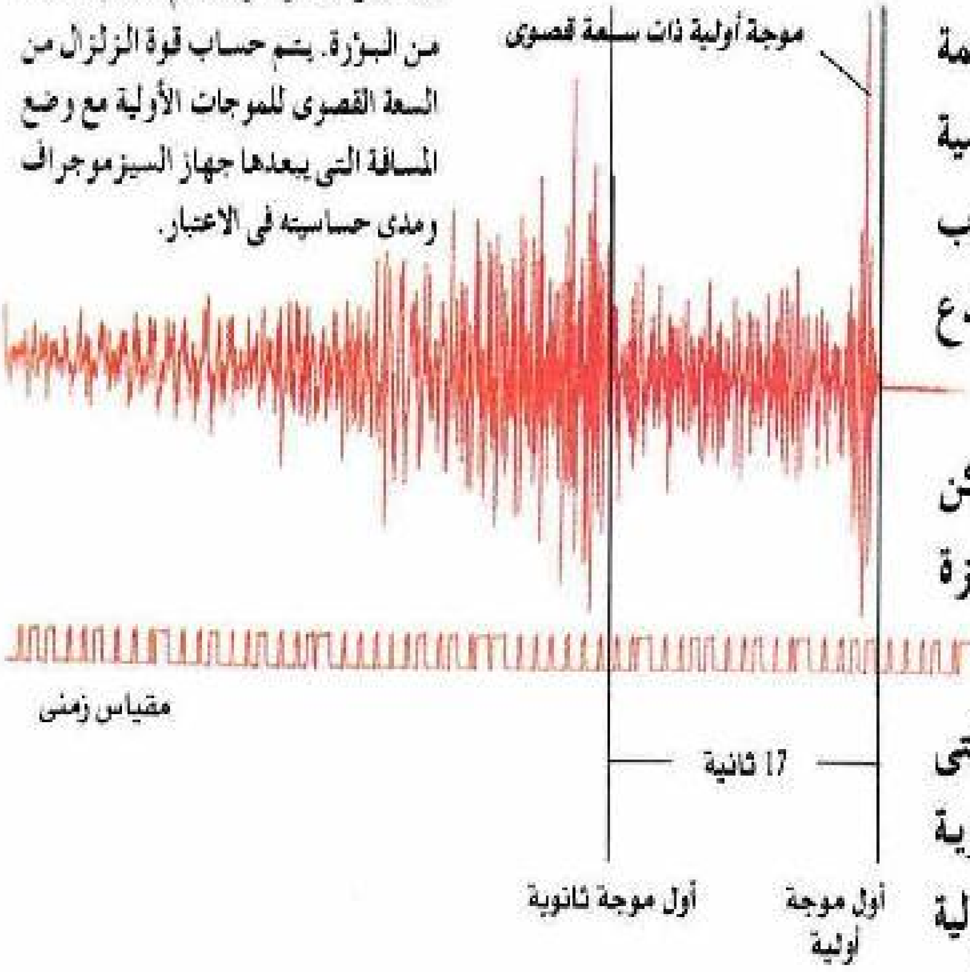
يتولد عن بعض الزلازل موجات سطحية عنيفة. قد تسبب ضررًا بالغًا فى الأماكن البعيدة عن المركز السطحى.

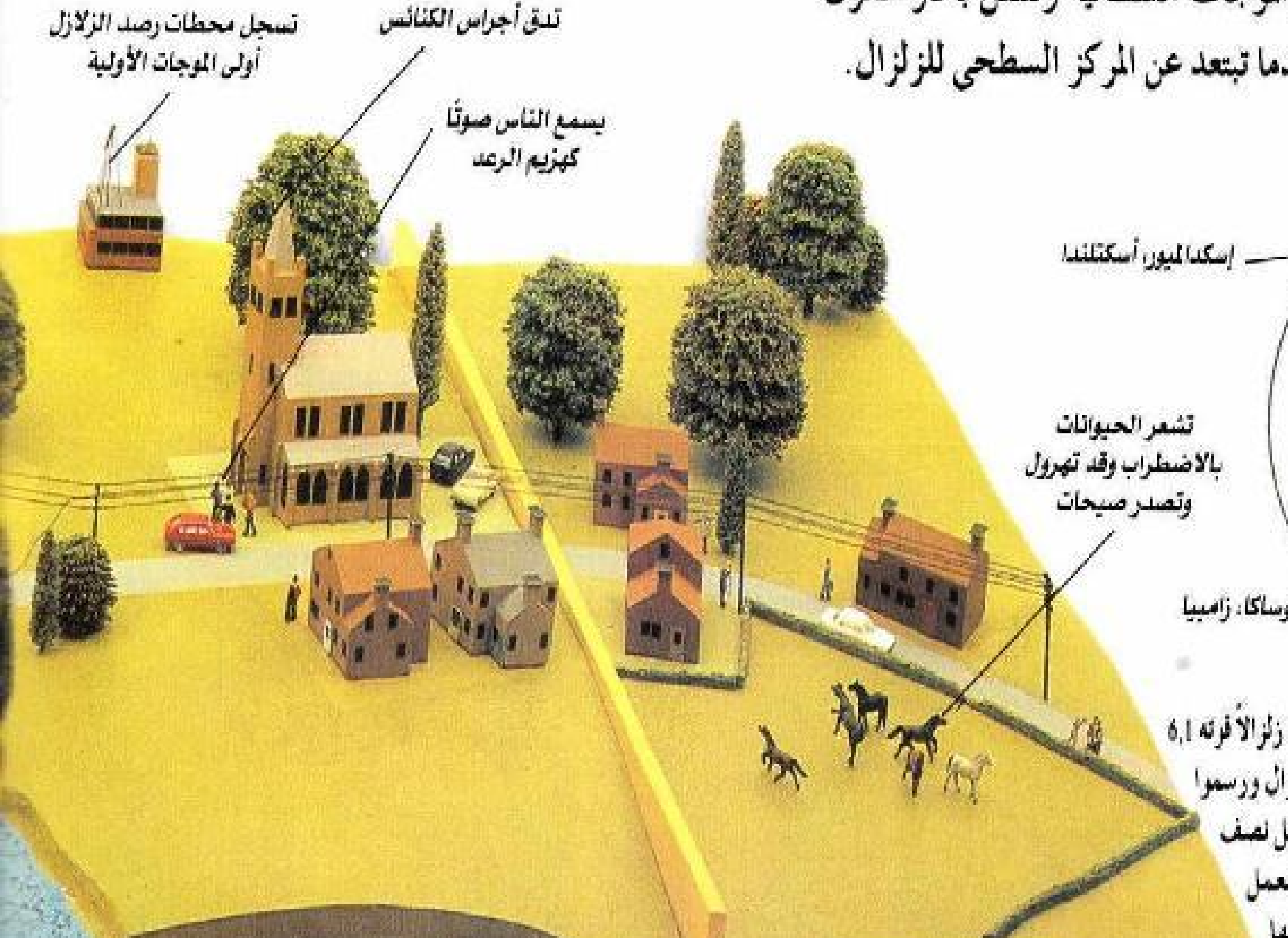
الموجـات التدميريــة

تـنتقل موجات الزلزال بسرعة كبيرة تصل إلى حوالى 25,000 ك/ساعة (16,000 ميل/ساعة) خلال الصخور وتكون أبطأ نوعًا ما فى الرمال الناعمة والطين. فى الثوانى التى تعقب تصدع الصخور التى تسبب الهزة الأرضية تنتقل موجات الزلزال فى كل الاتجاهات. وعادة ما تكون أكثر تدميرًا بالقرب من مركز حدوث الزلزال وهى النقطة على السطح الأقرب لمكان تصدع الصخور، ولكن فى بعض الأحيان تقوم الرمال الناعمة والطين بإبطاء حركة الموجات، وقد يؤدى هذا إلى حدوث هزة عنيفة حتى فى الأماكن البعيدة عن المركز السطحى للزلزال. أولى الموجات التى تصل إلى أجهزة الرصد هى الموجات الأولية أو (موجات P) وهى أسرع الموجات، لأنها تنتقل مثل موجات الصوت بحركة دفع وجذب فلا تشوه الصخور التى تمر خلالها، والموجات التالية التى تصل بعدها هى الموجات الثانوية أو (موجات S) وتنتقل بسرعة أكبر قليلاً من نصف سرعة الموجات الأولية وتشوه الصخور المارة خلالها بواسطة الاهتزاز من جانب لآخر فى حركة قص وإزاحة معقدة. وأبطأ الموجات هى الموجات السطحية وتنتقل بأكثر الطرق تعقيدًا، ولا تنتظم فى حركتها إلا عندما تبتعد عن المركز السطحى للزلزال.

السيزموجـرام

يمثل هذا المخطط رصدًا لزلزال بلغت قوته 5.1 درجة بمقياس ريختر. الفاصل الزمنى بين الموجات الأولية والثانوية - والذى يعادل فى هذا المثال 17 ثانية - يستخدم لحساب المسافة من البؤرة. يتم حساب قوة الزلزال من السعة القصوى للموجات الأولية مع وضع المسافة التى يبعدها جهاز السيزموجراف ومدى حساسيته فى الاعتبار.





تحديد مكان الزلزال

فى 17 سبتمبر 1989 رصد علماء الزلازل فى أسكتلندا زلزالاً قوته 6.1 درجة. قاموا بحساب بعد المكان الذى حدث فيه الزلزال ورسموا دائرة حول الكرة الأرضية وجعلوا هذه المسافة تمثل نصف القطر. وفى إفريقيا والهند قامت محطتان أخريان بعمل الحسابات ورسموا دوائر مسافات وتقاطعت جميعها عند بحر قزوين وهو المركز السطحى للزلزال.

البـؤرة العميقـة

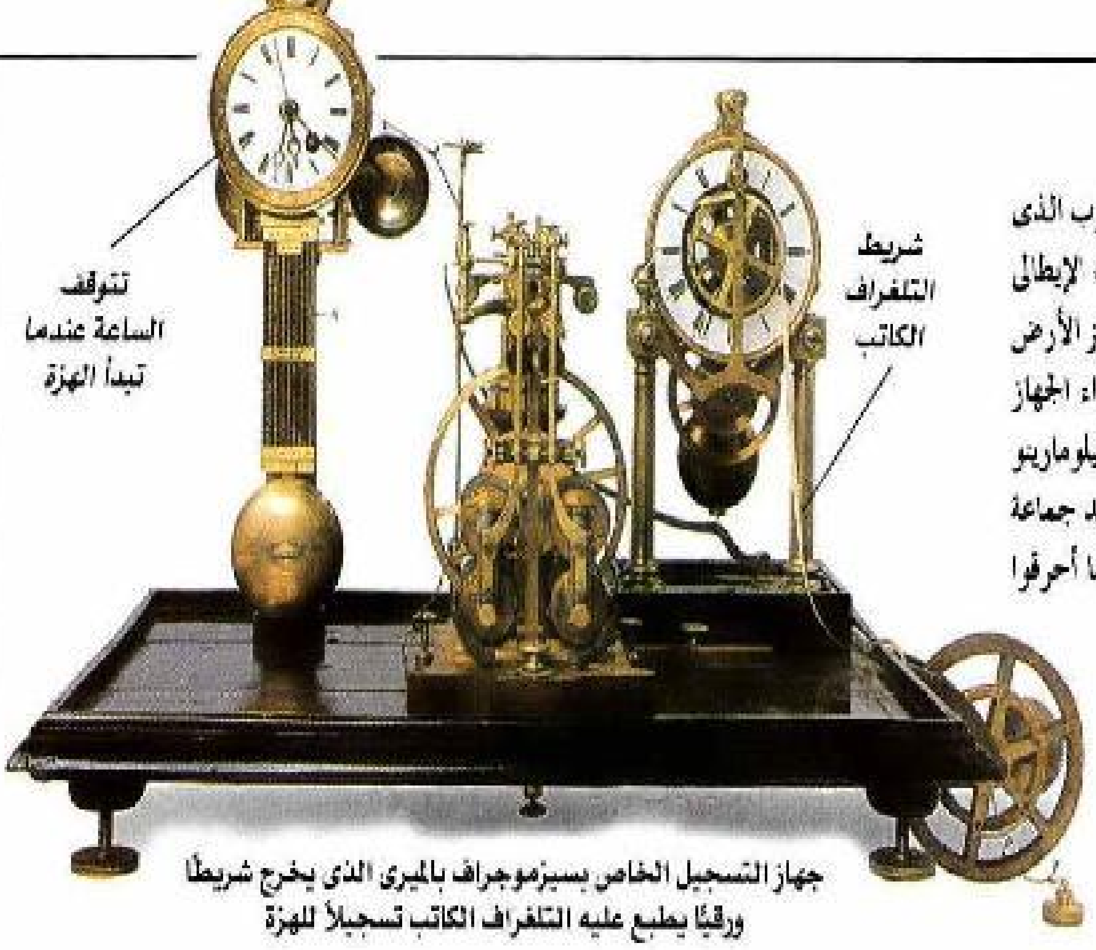
إن بؤرة الزلزال - المنطقة التى تصدعت بها الصخور - عادة ما تبعد عدة كيلو مترات أسفل سطح الأرض. وفوق السطح تصل الموجات إلى أقصى قوة لها عند المركز السطحى، وهى النقطة الواقعة فوق البؤرة مباشرة.

قبل حدوث الزلزال

فى الدقائق التى تسبق حدوث الزلزال قد تشعر الحيوانات (وبعض الأشخاص) بعدم الارتياح. فيبدو أنهم يشعرون أن هناك شيئًا ما ليس على ما يرام.

الموجـات الأولـى تصـل

إن أولى الموجات التى تصل محطات الرصد، وهى الموجات الأولية، قد تكون فى غاية الصغر بحيث يمكن سماعها دون الشعور بها.



جهاز التسجيل الخاص بسيزموجراف بالميرى الذى يخرج شريطاً ورقياً يطبع عليه التلغراف الكاتب تسجيلاً للهزة

دق الجرس

يمثل هذا النموذج إعادة بناء للسيزموسكوب الذى اخترعه عالم التاريخ الطبيعى وصانع الساعات الإيطالى إسكانيو فيلومارينو عام 1795. عندما تهتز الأرض يتوقف البندول عن الحركة. ولكن بقية أجزاء الجهاز تهتز فتدق الأجراس وتعمل الساعة. لقى فيلومارينو مصرعه فوق منحدرات جبل فيزوف على يد جماعة غاضبة اعتقدت أن تجاربه معادية للآلهة، كما أحرقوا ورشته ودمروا السيزموسكوب الخاص به.

سيزموجراف بالميرى

صمم لويجى بالميرى (1807-1896) أول سيزموجراف. فهذا جهازه الأصلى ظل يسجل الزلازل منذ 1856. ويتكون من جزءين الجزء الأكبر (إلى اليمين) والذى يحتوى على أنابيب زئبق لرصد الزلازل. الجزء الثانى (أعلى اليمين) يضع تسجيلاً لها. باستخدام هذا الجهاز اكتشف بالميرى أن هناك هزات صغيرة تحدث قبل وقوع الزلازل الكبيرة وأن الهزات الأرضية تصحب الانفجارات البركانية.

مرصد فيزوف

قام بالميرى بتطوير جهازه عندما كان مديراً لهذا المرصد بالقرب من فوهة البركان النشط.

لويجى بالميرى

بينما كان يراقب انفجار بركان فيزوف عام 1855 أدرك بالميرى أن جهازا يقيس الهزة الأرضية الصغيرة قد يساعد فى التنبؤ بالانفجارات البركانية. هذا الجهاز الكهرومغناطيسى هو نتاج تجاربه فى مجال الكهرباء.

قياس موجات الزلازل

فى القرن الثانى بعد الميلاد قام العالم الصينى زانج هنج ببناء أول جهاز لرصد الزلازل. لم يبق الجهاز الأصلى ولكننا عرفناه فقط من خلال الوصف المعاصر. فقد كان جهازًا ضخمًا يصل عرضه إلى مترين (6 أقدام) ومصنوع من البرونز ويمكنه رصد الزلازل الصغيرة التى قد لا تلاحظ بالطرق الأخرى. ويمكن للجهاز أيضًا أن يحدد بالتقريب الاتجاه الذى صدر منه الزلزال. ولكن لأنه لم يعط معلومات أخرى فإننا نطلق عليه الآن اسم «السيزموسكوب». ولم يتم اختراع جهاز أكثر تعقيدًا لرصد الزلازل إلا بحلول عام 1856 بعد اكتشاف الكهرباء مباشرة عندما اخترع العالم الإيطالى لويجى بالميرى السيزموجراف، وهو الجهاز الذى يسجل الأثر الدائم للهزة الأرضية والمعروف باسم «السيزموجرام». وقد تم تصميمه أيضًا لقياس الحجم الكلى للهزة الأرضية (انظر صفحتى 48-49).

عالم الزلازل القديم

احتفظ الصينيون بقوائم تسجل مرات حدوث الزلازل منذ عام 780 قبل الميلاد. وفى القرن الرابع قبل الميلاد رأى الفيلسوف اليونانى أرسطو أن الهزات الأرضية تسببها أبخرة غير مستقرة. ولم يتم اختراع السيزموسكوب إلا عام 132 ميلادية على يد الجغرافى والفلكى الصينى زانج هنج (78-139).

نظام تشغيل سيزموسكوب زانج هنج من الداخل

آلية تعليق تمسك بفم التنين

بندول

الضفادع والتنانين

يتكون سيزموسكوب زانج هنج من وعاء برونزى مطوق بالتنانين والضفادع، ويتدلى داخل الوعاء بندول ثقيل. أثناء الهزة الأرضية يتحرك الوعاء أكثر مما يتحرك البندول الثقيل، فيترتب على ذلك أن يفتح تنين واحد أو أكثر فكيه فتسقط الكرات البرونزية المعلقة بينهما داخل أفواه الضفادع القابعة فى الأسفل.

كرة بداخل فم التنين

يلتقط الضفدع الأبعد عن المركز السطحى للزلزال الكرة عند سقوطها. ويشير هذا إلى الاتجاه الذى صدر منه الزلزال

السيزموميتر المحمول

تستخدم شبكة من مقاييس الزلازل المحمولة (السيزموميتر) لرصد توابع الزلازل الكبيرة والهزات الأرضية التى تحدث أثناء الثورات البركانية. كما استخدمت أيضًا لإثبات أن الزلازل لم تسبب كارثة بحيرة نيوس (انظر الصفحة 20).

مرصد حديث

داخل مرصد فيزرف الجديد تسجل بكرات كبيرة من الورق الحركة الأرضية التى تقاس بواسطة مجموعة من مقاييس الزلازل (السيزموميتر) المقامة فى أماكن استراتيجية فى المنطقة. وتضع الكثير من محطات الزلازل الحديثة مقاييس الزلازل الخاصة بها فى أماكن نائية أو داخل حفر عميقة، وبذلك تكون بعيدة عن أية إشارات قد تحدث تشوشًا، مثل حركة السيارات الثقيلة أو الطائرات أو أنشطة المحاجر. وترسل الأجهزة بياناتها فى صورة إشارات إلى مركز التسجيل إما لاسلكيًا وإما عبر خطوط التليفون. تسجل السيزموجرافات الحديثة نتائج الرصد على شريط مغناطيسى والذى يسمح بتحليل أفضل للبيانات.

الهزات على القمر

وضع رواد الفضاء الأمريكيون مقاييس زلازل على سطح القمر لتسجيل الزلازل القمرية وتبين أن الكثير من الهزات على القمر سببها النيازك التى تصطدم بالسطح، وأن البعض الآخر يحدث كثيرًا عندما يكون القمر فى أقرب نقطة للأرض.

صندوق يخفى البندول المعلق المقلوب

تدور أسطوانة الشريط الورقى ببطء شديد خلال الفترات الفاصلة بين الزلازل، وعندما تبدأ الهزة تتغير التروس، وتبدأ الأسطوانة فى إمداد الورق بسرعة أكبر

مقبض لرفع الثقل الذى يدير الأسطوانة

نظام إخماد الذبذبات يضمن أن تسجل كل موجة زلزالية مرة واحدة فقط

ثقل معلق يدير أسطوانة الشريط الورقى (الساعات الميكانيكية تعمل بنفس الطريقة)

سيزموجرام مسجل على ورق مدخن

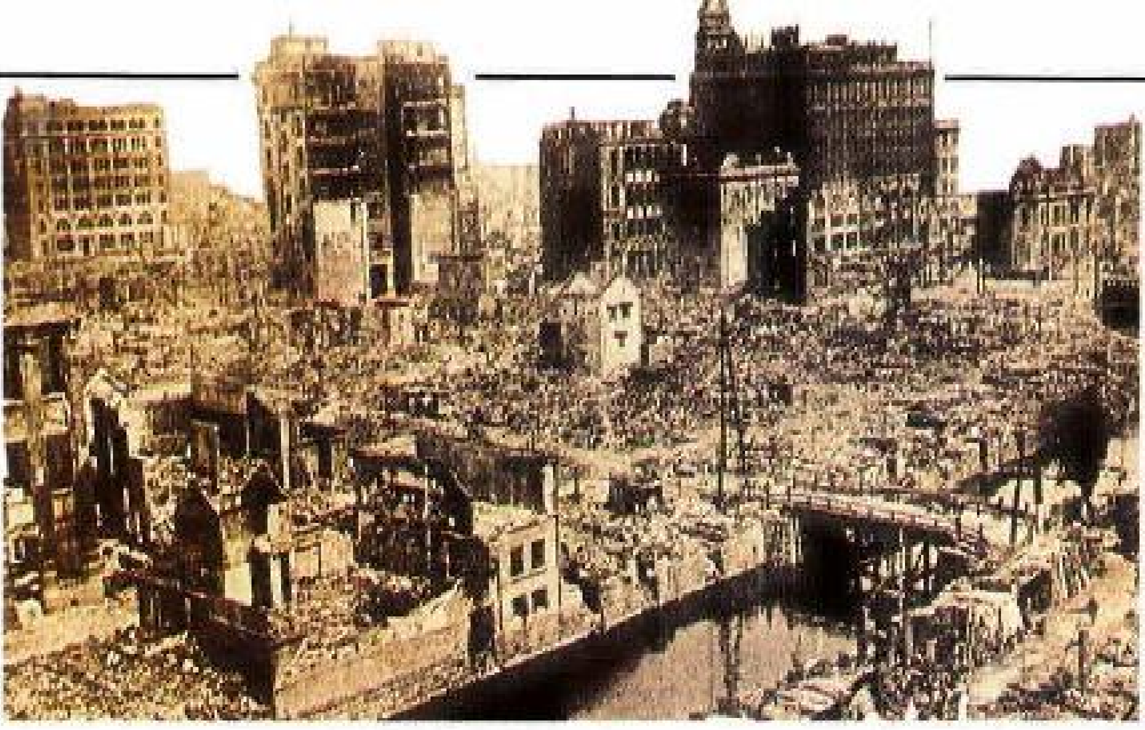
الذراع التى تعلق منها البندولات

جهاز قوى التحمل

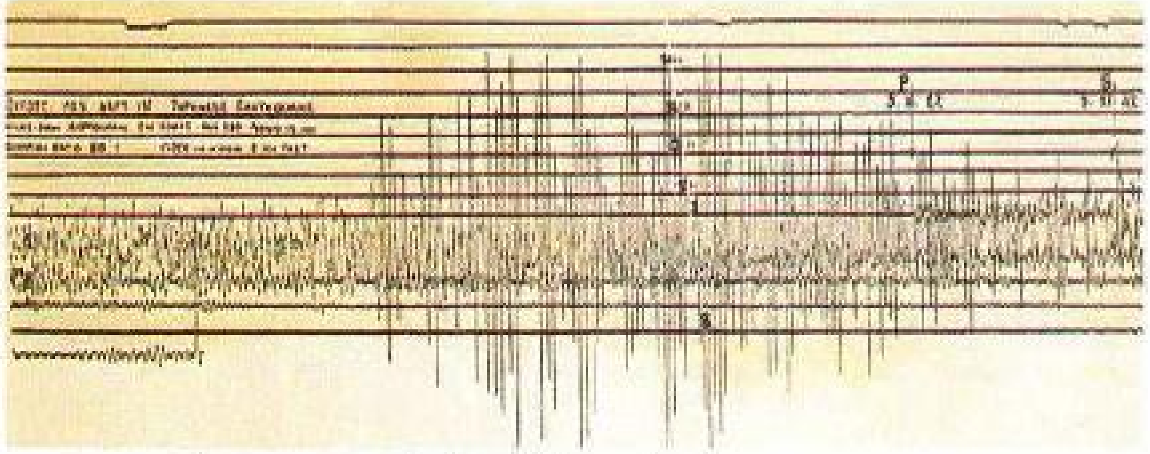
هذه نسخة أعيد تجديدها من السيزموجراف الذى اخترعه الألمانى إميل فيشرت (1861-1928) عام 1908. تقوم الكتلة التى تزن 200 كجم (440 رطلاً) بقياس العنصرين الأفقيين للهزات الأرضية وهى تعمل ترادفيًا مع أداة أصغر تقوم بقياس الحركة الرأسية. وقد وضعت البندولات المعلقة مقلوبة رأسًا على عقب مما يجعلها أكثر حساسية. وثمة جهاز فيشرت أكبر حجمًا يعمل فى أوبسالا بالسويد منذ 1904.

تدخين الورق

كانت أجهزة السيزموجراف الأولى- والتى لا يزال يستخدم الكثير منها حتى الآن - تدون بياناتها على ورق مدخن تفاديًا لمشاكل الحبر الذى قد ينفد أو يلتصق؛ وهى كارثة أثناء الزلازل. يتم تدخين الورق عن طريق تغطيته بطبقة من الكربون الناتج عن حرق الزيت.



طوكيو 1923
مدينة طوكيو بعد زلزال 1923 العنيف. اشتعلت المباني المصنوعة من الورق والخشب بسبب المواقد التي كفأتها الهزة الأرضية. ولقي ما لا يقل عن 200,000 شخص مصرعهم في عاصفة النيران التي تبعت الزلزال. (انظر الصفحة 57).



سيزموجرام لزلزال طوكيو 1923، سجله سيزموجراف جراي ميلن بأوكسفورد، إنجلترا

چون ميلن
اخترع الچيولوچي الإنجليزي چون ميلن (1850 - 1913) السيزموجراف الخاص به، بينما كان يدرس الچيولوچيا في طوكيو، وفيما بعد أنشأ الجمعية السيزمولوجية باليابان.

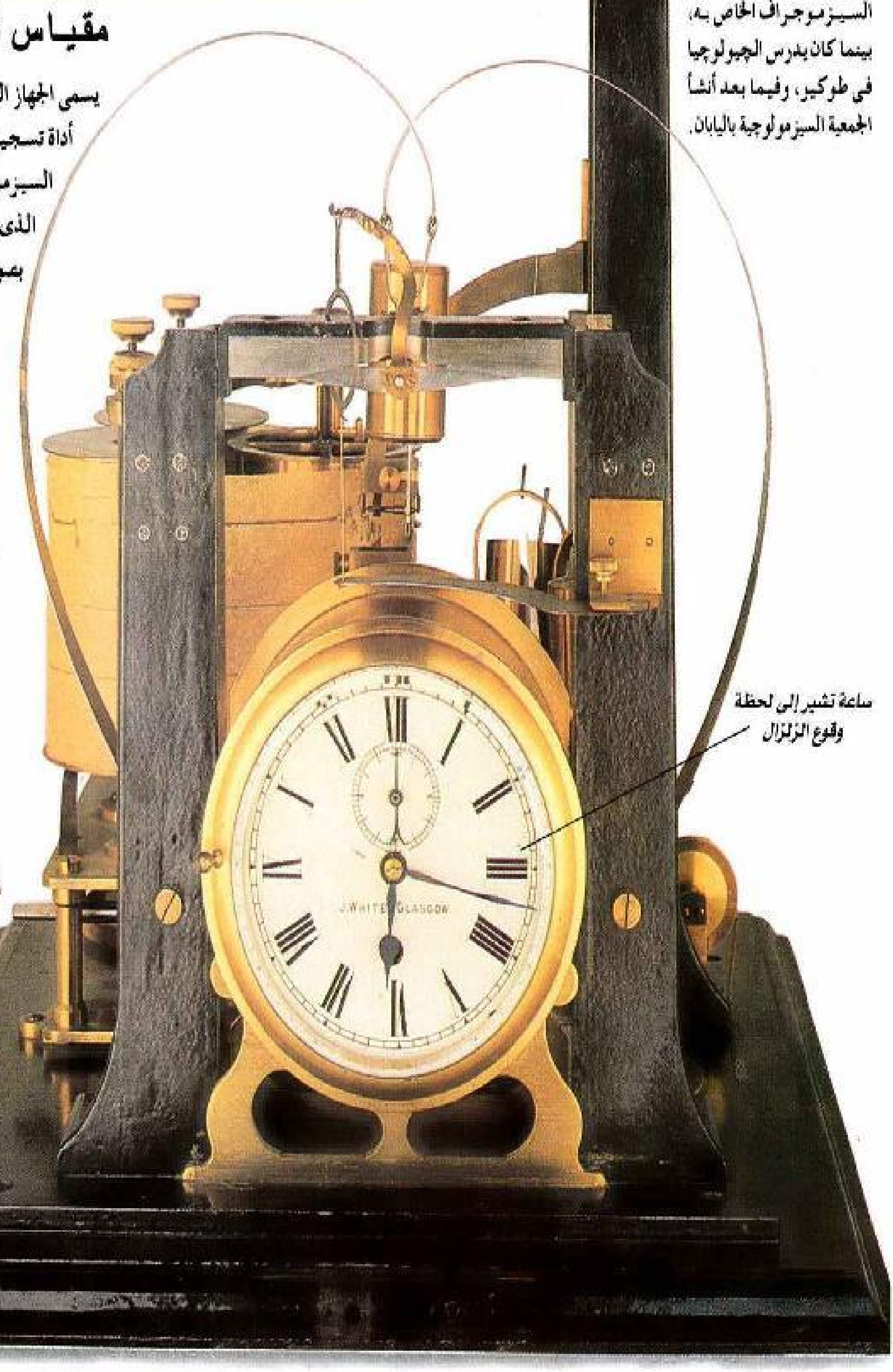
مقياس الزلازل (سيزموميتر)

يسمى الجهاز الذي يرصد حركة الزلزال السيزموميتر، ويحتوي على أداة تسجيل تسمى سيزموجراف ترسم تسجيلاً للزلزلة وهو السيزموجرام. وتعمل مقاييس الزلازل جميعها على المبدأ الذي وضعه زانج هنج وهو أن الزلزال يهز بندولاً ثقيلاً بصورة أقل من اهتزاز الأرض المحيطة.

منظر جانبي لسيزموجراف جراي ميلن

ثلاثة أقلام تدون آثار الاهتزازات الرأسية وعنصري الاهتزازات الأفقية

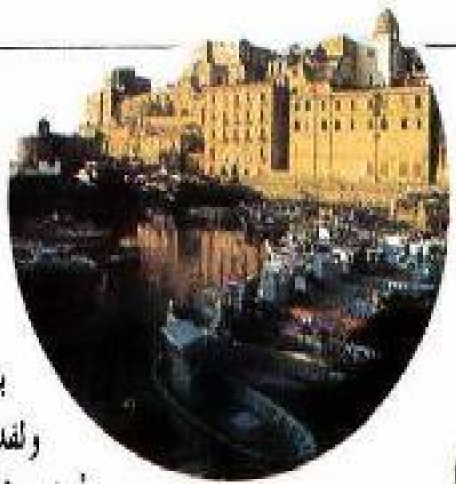
أحد بندولين يسجلان الاهتزاز الأفقي



ساعة تشير إلى لحظة وقوع الزلزال

اهتزاز لا ينقطع

هذا السيزموجراف الذي صمم عام 1885 على يد الإنجليزيين توماس جراي وچون ميلن كان الغرض منه الاستعمال دون توقف. ويتكون الجهاز من ثلاثة بندولات وثلاثة أقلام لتسجيل العناصر الثلاثة للحركة الأرضية: رأسي، وشرقي غربي أفقي وشمالي جنوبي أفقي.

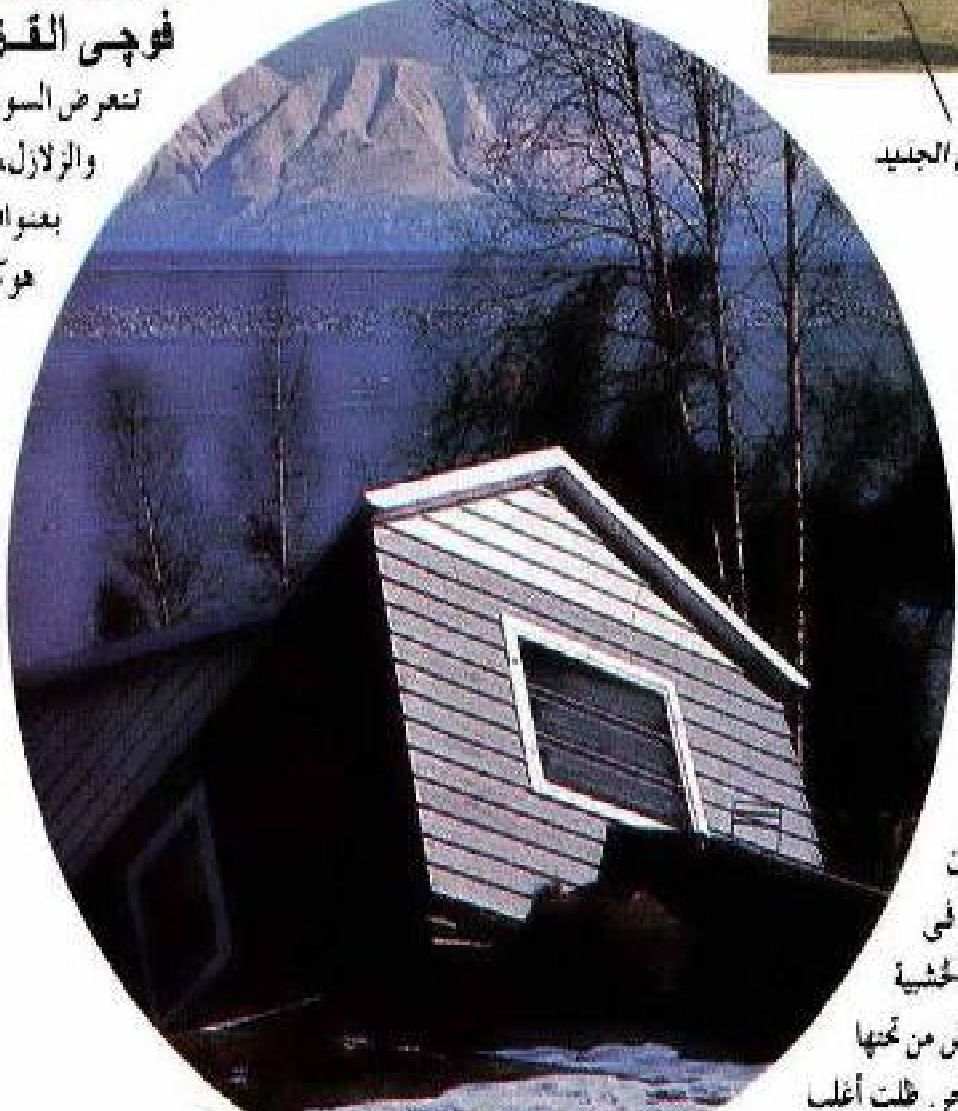


المدينة المهجورة

ضربت الكثير من الزلازل الصغيرة مدينة بوتسولى بالقرب من نابولى فى إيطاليا. فهجر السكان جزءًا من المدينة بعد الدمار الذى نجم عن زلزال 1983. ولقد ارتفعت المدينة -منذ ذلك الحين- عدة أمتار، ولهذا لزم إعادة بناء المرفأ على مستوى أكثر انخفاضًا. وربما تكون الصهارة التى تتحرك فى الأسفل هى السبب فى كل هذه الاضطرابات.

فوجى القزم

تتعرض السواحل اليابانية لخطر أمواج التسونامى الناجمة عن الثورات البركانية والزلازل، ويمكن رؤية بركان فوجى ياما (انظر صفحة 6) فى خلفية هذه اللوحة بعنوان «الموجة العملاقة» وهى صورة لموجة تسونامى للرسام كاتسوشيكا هوكوساى (1760 - 1849).



أنكوراج

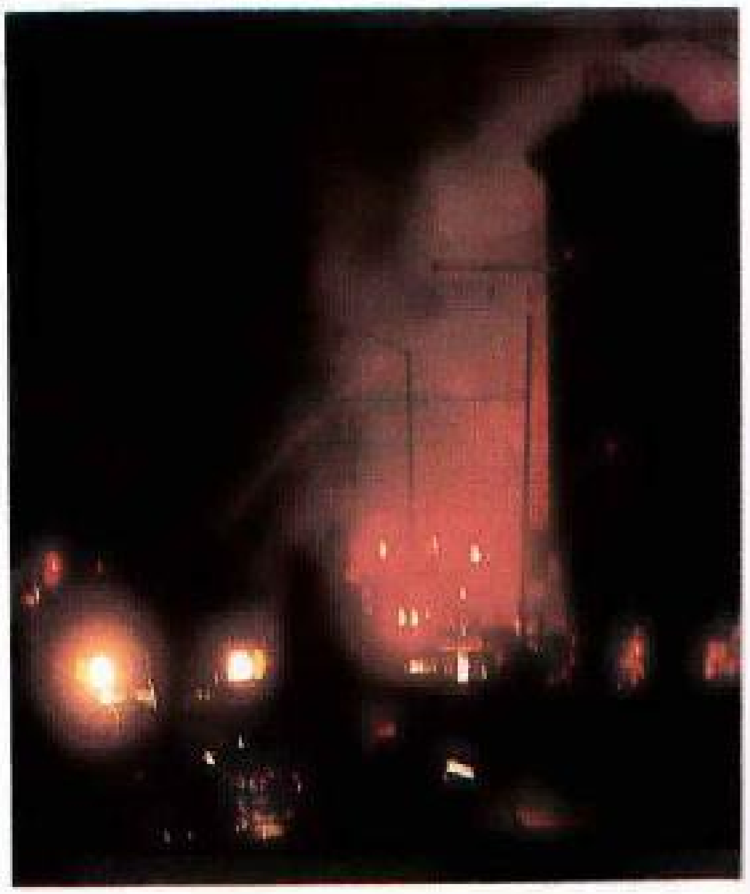
إن أحد أعنف وأطول الزلازل التى تم رصدها على الإطلاق هو ذلك الذى ضرب ألاسكا يوم 27 مارس 1964. استمر الزلزال الذى بلغت قوته 8.2 درجة 4 دقائق. وأدى هذا إلى تحول طبقة من الصخور إلى سائل تحت الجروف المطلة على البحر فى منطقة «تيرن آجن هايتس»، وهى مقاطعة غنية فى مدينة أنكوراج؛ تمايلت البيوت الخشبية مثل الجيلى عندما غاصت الأرض من تحتها وانزلقت كتلة الجرف داخل البحر. ظلت أغلب منازل المقاطعة بحالة جيدة، باستثناء ميلانها الحاد على الأرض الهابطة.

كراكاتوا، غرب جاوه

اصطدمت موجات التسونامى التى وصل ارتفاعها إلى 30م (100 قدم) بالجزر المحيطة، وذلك عقب انفجار بركان كراكاتوا الجائح. فالكثير من القرى فى سومطرة وجاوه (وهى تقع شرق كراكاتوا) قد سويت بالأرض بسبب جدران المياه، مما أسفر عن مقتل 36000 شخص.

الانهيار الجليدى

قد تتسبب الهزة الأرضية فى حدوث الانهيارات الجليدية والتى تبدو كأنها فى انتظار تلك الهزة حتى تقع. فى عام 1970 تسبب زلزال قوته 7,7 درجة قبالة ساحل بيرو فى حدوث انزلاق كارثى للجليد والصخور التى سقطت من على ارتفاع حوالى 4000 متر (13200 قدم) وأودت بحياة 50000 شخص فى الوادى إلى الأسفل.



حريق فى الأنقاض

فريق مقاومة الحرائق يقوم بإطفاء حريق اندلع بعد زلزال سان فرانسيسكو 1989 (انظر صفحة 7). فالحرائق التى تتبع الزلازل والبراكين قد تدمر مدنًا وتسوّيها بالأرض. فإذا ما تحطمت أنابيب الغاز أو تسربت سوائل سريعة الاشتعال فإن أقل شرارة تسبب الحريق. وعادة ما تؤدى الهزات إلى تدمير خزانات المياه تحت الأرض مما يجعل إطفاء الحريق أمرًا أكثر صعوبة. فزلزال طوكيو الكبير الذى وقع عام 1923 قد أعقبه عاصفة نيران مخيفة أتت على المنازل الخشبية أودت بحياة 200000 شخص.

الطين، والفيضان، والانهيار الجليدى

قد تحدث تداعيات مدمرة نتيجة الزلازل والثورات البركانية، فعادة ما تتبع انفجارات الرماد الهائلة انزلاقات أرضية أو تدفقات طينية. وقد ينهار الرماد الذى يتجمع بالقرب من فوهة البركان حاملاً معه جزءًا من الجبل إلى أسفل. وغالبًا ما تزيد الأمطار الغزيرة من حجم المشكلة فتكون رداغًا مبتلاً. والذى يتحول بدوره إلى تدفق طيني. وفى الجبال قد تتسبب الزلازل والبراكين فى حدوث الانهيارات الجليدية والصخرية، أما فى المناطق المجاورة للبحار أو تحت قيعانها فقد تؤدى إلى تكون أمواج مائية عملاقة، وهى تسمى عادة «أمواج المدّ»، ولأنها لم تنشأ بسبب حركات المد، فإن العلماء يفضلون الاسم اليابانى «أمواج التسونامى». وقد تنتقل أمواج التسونامى عبر المحيطات، وعندما تصل إلى الشواطئ البعيدة فقد تتسبب جدران المياه العظيمة فى دمار فادح.

انجـرف بعيـداً

كانت الانفجارات الرمادية لبركان جبل بيناتوبو فى الفلبين (انظر الصفحة 17) مصحوبة بتدفقات طينية جرفت الطرق والكبارى والكثير من القرى. وقد نتجت هذه التدفقات عن الأمطار الغزيرة التي سقطت على الرماد المنبعث حديثا من البركان.

دُفِنَت فى بحر من الطين

فى نوفمبر 1985 تسبب انفجار بركان رويز فى كولومبيا بأمريكا الجنوبية فى تصاعد سحب من الرماد والخفاف فوق الجليد وحقول الثلج على قمة الجبل. وأدى هذا إلى إذابة جزء من الجليد، والذى بلل الرماد وتحول بدوره إلى رداغ متحرك. اندفعت التدفقات الطينية بغزارة أسفل أخدود لاجونيلاس بسرعة وصلت إلى 35ك/ ساعة (20 ميلاً/ساعة). أما مدينة أرميرو التى تبعد 60كم (36ميلاً) عند مدخل الأخدود فقد دُمِّرَتْ من جراء سيول الطين الكاسحة (إلى اليمين وأسفل). دفن حوالى 22000 شخص أحياء بسبب مرجات الطين والصخور والأحجار التى حاصرتهم مثل الخرسانة الطرية. ولم تكتب النجاة إلا لمن تم إنقاذهم على حافات المجرى الرئيسى للتدفقات الطينية (انظر الصفحة 58).

منظر تدفقات أرميرو الطينية 1985

شاحنة عالقة فى الطين، أرميرو

رسم توضيحى نشر فى جريدة إيطالية عام 1906 لصبى يتم انتشاله من وسط أنقاض منزله بعد الزلزال

جهاز للكشف عن المحاصرين

تم استخدام هذا الجهاز بعد زلزال أرمينيا عام 1988، حيث دفن الآلاف من الأشخاص تحت الأنقاض عندما انهارت عليهم المبانى ذات الطوابق المتعددة وتحولت إلى كتل من الركام. وقد عثر على بعضهم باستخدام جهاز الكشف هذا، والذى يعمل عن طريق الكشف عن الاهتزازات.

مدينة مكسيكو سيتى

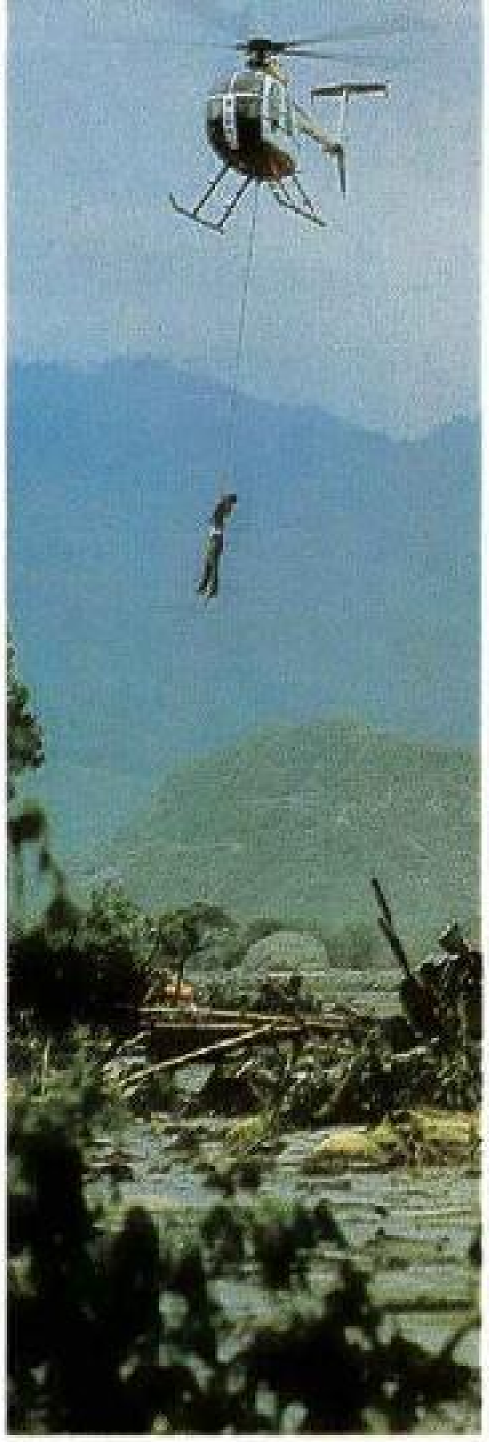
يبذل رجال الإطفاء جهودهم لإخماد النيران التى اندلعت بعد الزلزال الذى ضرب مدينة مكسيكو سيتى عام 1985، حيث لقى الآلاف مصرعهم، ولكن العدد الأكبر تم إنقاذه من وسط الأنقاض بعد الكارثة ببضعة أيام.

الأنف الحساس

بجانب الأجهزة التكنولوجية تلعب الكلاب البوليسية - عن طريق استخدام حاسة الشم لديها - دورها فى البحث عن أحياء بعد الزلزال، ذلك أن التوابع التى تلى الزلزال عادة تشكل خطرًا داهمًا على عمال الإنقاذ؛ لأنهم يعملون وسط أنقاض المبانى المتداعية. فإذا ما تسببت التوابع فى مزيد من الانهيارات فقد يحتاج عمال الإنقاذ عندئذ إلى من ينقذهم أيضًا.

حالـة طـوارئ

إن الفوضى التى تعقب حدوث زلزال كبير أو ثورة بركانية تجعل عمليات الإنقاذ صعبة وخطيرة. فقد يلقى الكثير من الأشخاص مصرعهم بسبب انهيار المبانى فى الثوانى القليلة التى تدوم فيها الهزات الأرضية، ولكن العدد الأكبر يموت متأثرًا بجراحه فى الساعات القليلة التالية. أما الأشخاص المحاصرون داخل المبانى المنهارة، فقد يعيشون لمدة أيام، وبالنسبة لعمال الإنقاذ فإن العثور عليهم وإخراجهم يعتبر سباقًا مع الزمن. فربما يكون من الصعب إنقاذ الأشخاص المحاصرين دون تعريض أناس آخرين أكثر منهم للخطر. فالمبانى المتداعية قد تنهار أكثر فى أية لحظة، كما أن المواد الخطيرة قد تشتعل فجأة أو تنفجر، ومع الثورات البركانية التى تصحبها تدفقات الرماد أو الطين لا يعلم أحد متى يُتَوَقَّعُ حدوث التدفق أو الموجة المقبلة. كما أن الدمار الذى يحل بخطوط التليفون وشبكات التليفزيون والراديو والكهرباء والغاز ومصادر المياه يجعل عملياتِ الإنقاذ أكثَر صعوبة.



إنقاذ محفوف بالمخاطر

أحد الناجين يتم رفعه من الطين بواسطة هليكوبتر فى مدينة أرميرو، كولومبيا 1985 (انظر صفحة 56).

هـروب مـن الطـين

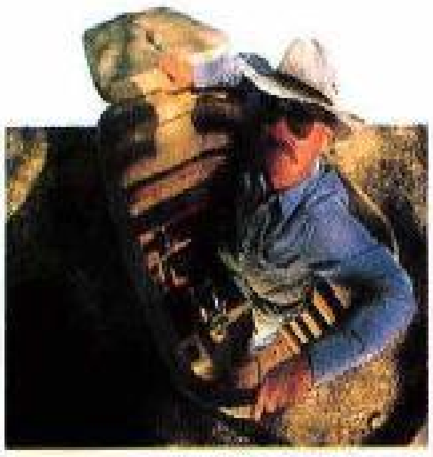
محاولة إنقاذ أحد الناجين فاقدًا وعيه من وسط التدفقات الطينية التى غمرت أرميرو عام 1985. على بعد 60كم (36ميلًا) من البركان، ظلت أجزاء كبيرة من الطين ساخنة ولذا فقد تلقى الناجون علاجًا من الحروق التى أصابتهم.

العثور على أحياء

تستخدم كاميرا الصور الحرارية فى تحديد أماكن الأشخاص المحاصرين فى الحطام بعد وقوع الزلزال، وغالبًا ما يكون الناجون مدفونين، سواء مصابون أو فاقدو الوعى، تحت أنقاض المنازل المنهارة. تستخدم الكاميرا الأشعة تحت الحمراء للكشف عن الحرارة داخل جسد شخص حى. وتكمن المشكلة فى كيفية التمييز بين حرارة جسم الإنسان وحرارة الأجسام الأخرى. ويكون هذا الأمر أسهل فى الصباح الباكر عندما تكون الحرارة بصفة عامة فى أدنى معدلاتها.

إذا كـنـت تحـمـل كـاميرا فيمكنك السفر

تستخدم هيئة الدفاع المدنى ومكافحة الحرائق فى لندن كاميرات الصور الحرارية للعثور على الأحياء عقب كل أنواع الكوارث. وترسل الهيئة فرقًا مدربة إلى المناطق المنكوبة مثل شمال غرب إيران عقب الزلزال العنيف الذى ضربها فى يونيو 1990.

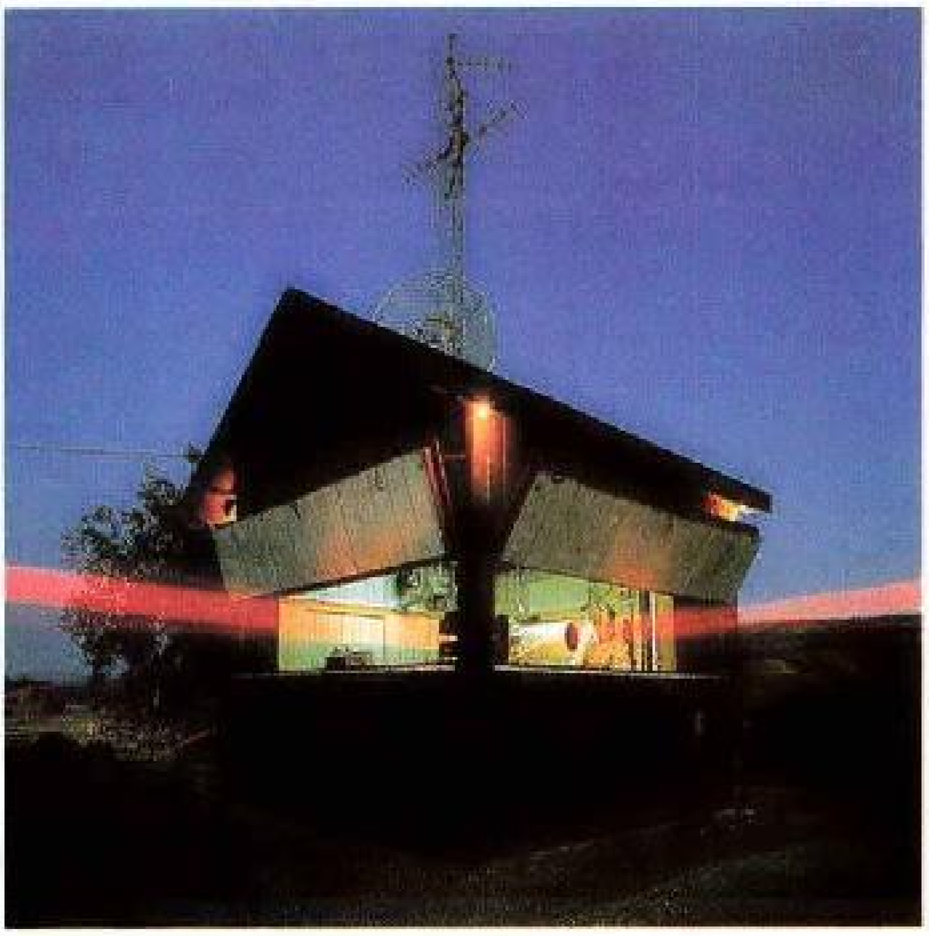


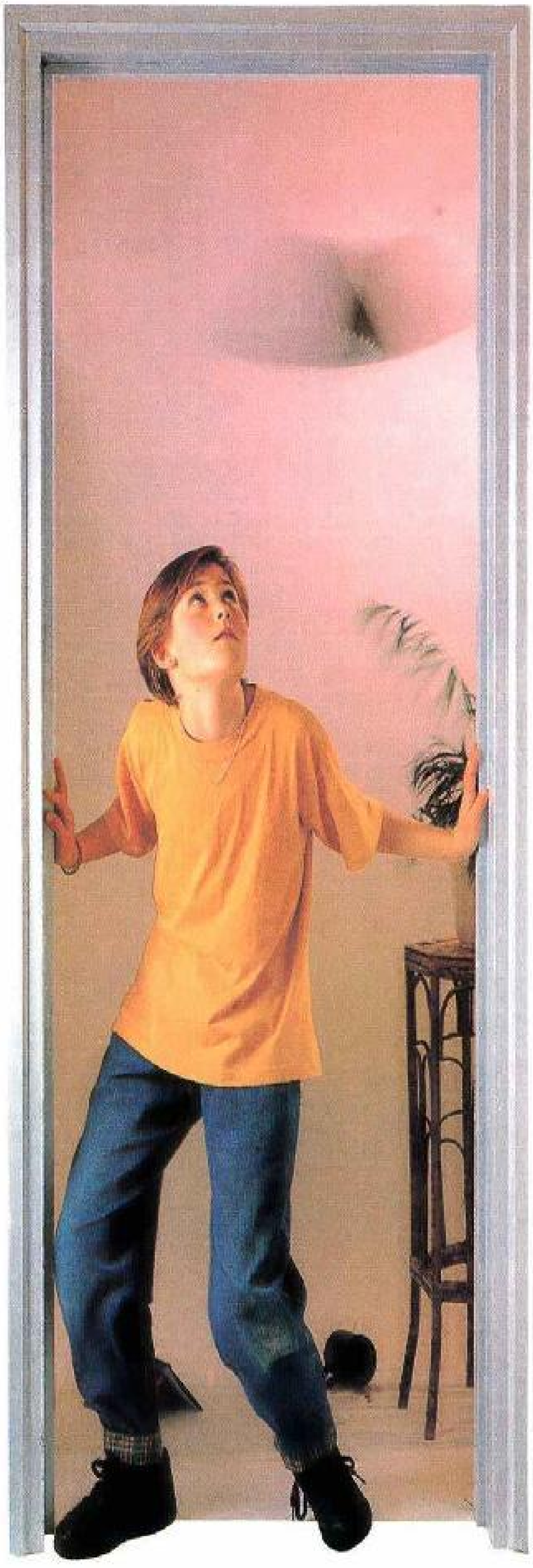
قياس الزحف

في الصورة نرى فنيًا من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية خارجًا من جهاز قياس الزحف، فقد كان يقوم بقياس الزحف - وهو الحركة البطيئة للفتات الصخرى على جوانب الصدع، حيث ينتقل ضغط الصخور على امتداد الصدع دون أن يحدث اهتزاز ملحوظ.

أكثر المناطق التى تم قياسها

تستقر مدينة باركفيلد بوسط كاليفورنيا على جانبي نظام رصد الزلازل القائم عند صدع سان أندرياس، وقد تنبأ علماء الزلازل في وقتٍ ما بحدوث هزة أرضية عنيفة هناك. ويستخدم نظام قياس بالليزر لكشف حركة الصخور حول الصدع. فجهاز الليزر الذى وضع على قمة تل في باركفيلد يبعث بالضوء إلى شبكة من الأجهزة الكاشفة التى تقع على بعد مئات الكيلو مترات على الجانب الآخر من الصدع. وبإمكانه الكشف عن الحركات الأرضية الأقل من ملليميتر واحد على مدى ستة كيلو مترات.





الاستفادة من الكوارث السابقة

يغلب أن تقع الزلازل المتساوية فى الحجم فى نفس المكان على فترات منتظمة؛ ولهذا فدراسة الزلازل الكبيرة - فى هذه الحالة مثل زلزال بومباى عام 62 بعد الميلاد (انظر الصفحة 47) - قد يساعد العلماء على التنبؤ بالهزة الأرضية الكبيرة المقبلة.

الأحجار المتساقطة

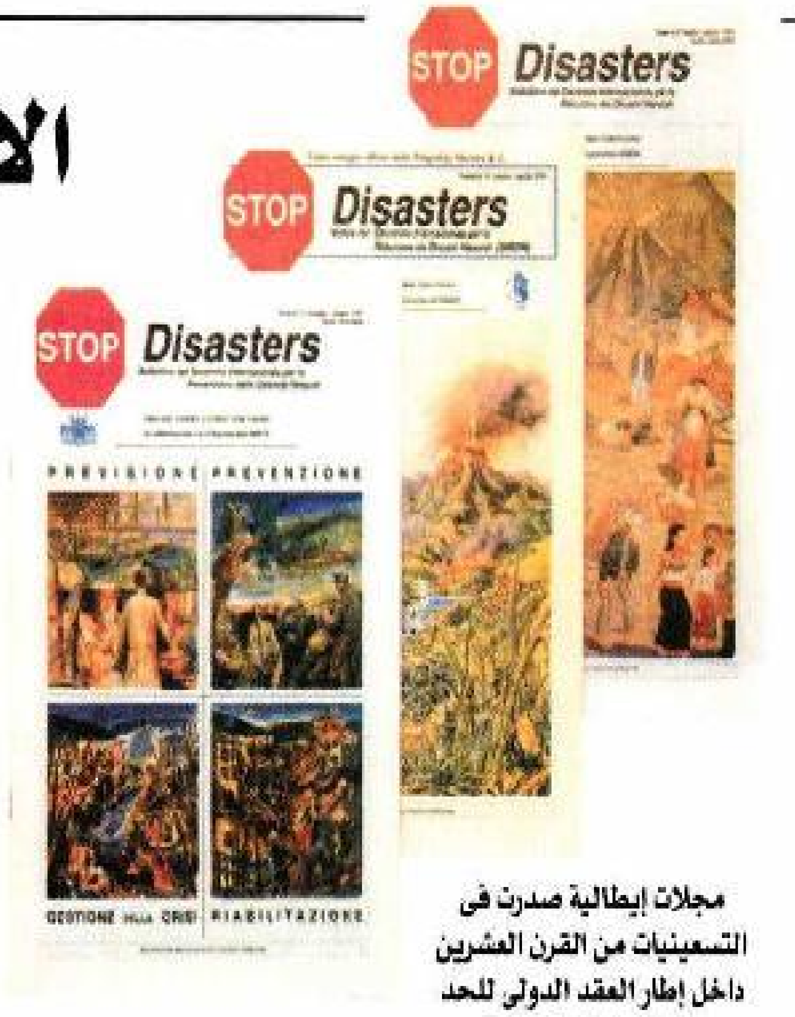
فى هذا التدريب على مواجهة الزلزال يقوم عمال الإنقاذ بعلاج أشخاص يفترض إصابتهم بالأحجار المتساقطة من البناء المنهار، وقد أصيب كثيرون بالفعل نتيجة تساقط الطوب والحجارة عام 1989 فى زلزال سان فرانسيسكو؛ ولذا فإن تصميم المبانى دون استخدام الزخارف المعمارية الثقيلة أو المداخن قد يقلل من الخسائر فى مثل هذه الحالة.

تدريب عملى فى اليابان يوضح مهام الإنقاذ وقت وقوع الزلازل

التدريب على مواجهة الزلازل

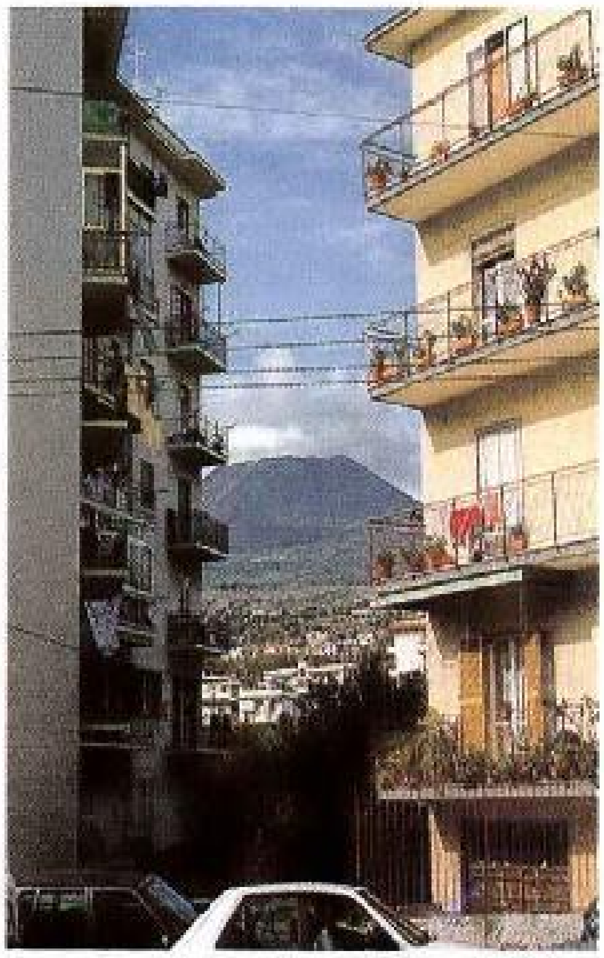
فى اليابان وكاليفورنيا يعتبر التدريب على مواجهة الزلازل جزءًا من الحياة اليومية. فيتعلم الأطفال أن يحتفظوا ببطارية إضاءة وحذاء مناسب بالقرب من أسرتهم حتى يستطيعوا اللجوء إلى مكان آمن إذا حدث زلزال فى أثناء الليل. فى الغالب يهرع الكثير من الأشخاص خارج منازلهم فتسقط عليهم المداخن، أو قرميد الأسطح أو الزجاج أما أكثر الأماكن أمانًا داخل البيوت فتكون تحت قطعة صلبة من الأثاث مثل المنضدة أو أسفل إطار المدخل أو الباب.

الاستعداد للكارثة



مجلات إيطالية صدرت فى التسعينيات من القرن العشرين داخل إطار العقد الدولى للحد من الكوارث الطبيعية

تعد الزلازل والثورات البركانية كوارث طبيعية حدثت ولاتزال تحدث عبر تاريخ الأرض الطويل. وبينما يزيد عدد السكان، يتزايد عدد الأشخاص الذين يعيشون فى مناطق الخطر، سواء بمحاذاة الصدوع، أو بالقرب من البراكين النشطة. وعندما تكدر إحدى هذه الظواهر الطبيعية صفو الحياة البشرية فقد يلقى الكثير من الأشخاص مصرعهم وتتهدم مبانيهم وتدمر حقولهم. وفى أعقاب الكارثة قد تكون الأمراض والمجاعات أكثر تدميرًا. نحن لا نأمل أن نوقف الكوارث نهائيًا، ولكن مع تزايد معرفتنا بطبيعة كوكب الأرض فإن التخطيط السليم من الممكن أن يسهم فى تقليل عددها ونطاقها. فتعلُّم الحياة داخل مناطق الكوارث يعنى المراقبة النشطة للبراكين وخطوط التصدع وبناء مدن تستطيع أن تتحمل الهزات الأرضية، كما يعنى نشر الثقافة حتى يتعلم الناس الخطوات التى يجب عليهم اتباعها فى حالات الطوارئ.



الحياة فى الظل

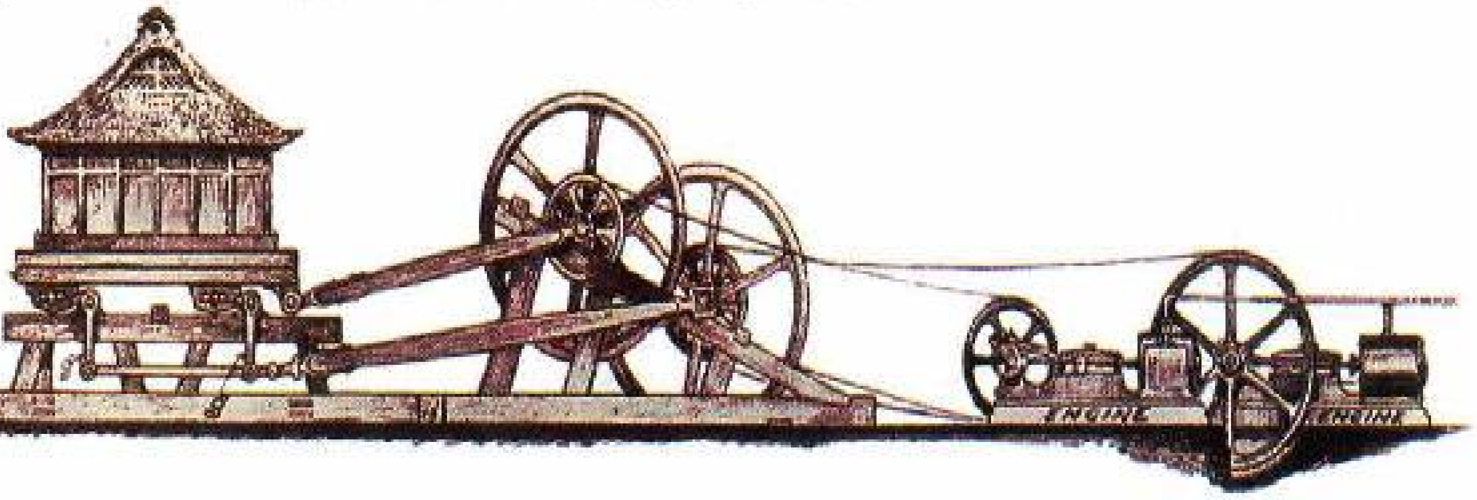
بعد مرور ألفى عام على حدوث أعظم الثورات البركانية يعيش الآن أكثر من مليونى شخص فى خليج نابولى فى ظل جبل فيزوف. هذه هى هيركولانيوم الحديثة، مدينة مزدهرة تحيط بأنقاض هيركولانيوم الرومانية.

بناء مدن لا تنهار

تقع الكثير من المدن الحديثة ضمن حزام الزلازل وأحد الطرق لتخفيف الكارثة هو تصميم مبانٍ يمكن أن تتحمل الهزات العنيفة. فى الصورة لا يبدو برج «ترانس أميركا بيراميد» بالبناء الراسخ، ولكنه مصمم ليكون أقوى بكثير مما تتطلبه قوانين المبانى فى خليج سان فرانسيسكو، حيث يعمل التصميم الهيكلى فى قاعدة المبنى على خفض حدة تمايل البرج إلى الثلث أثناء وقوع زلزال عنيف.

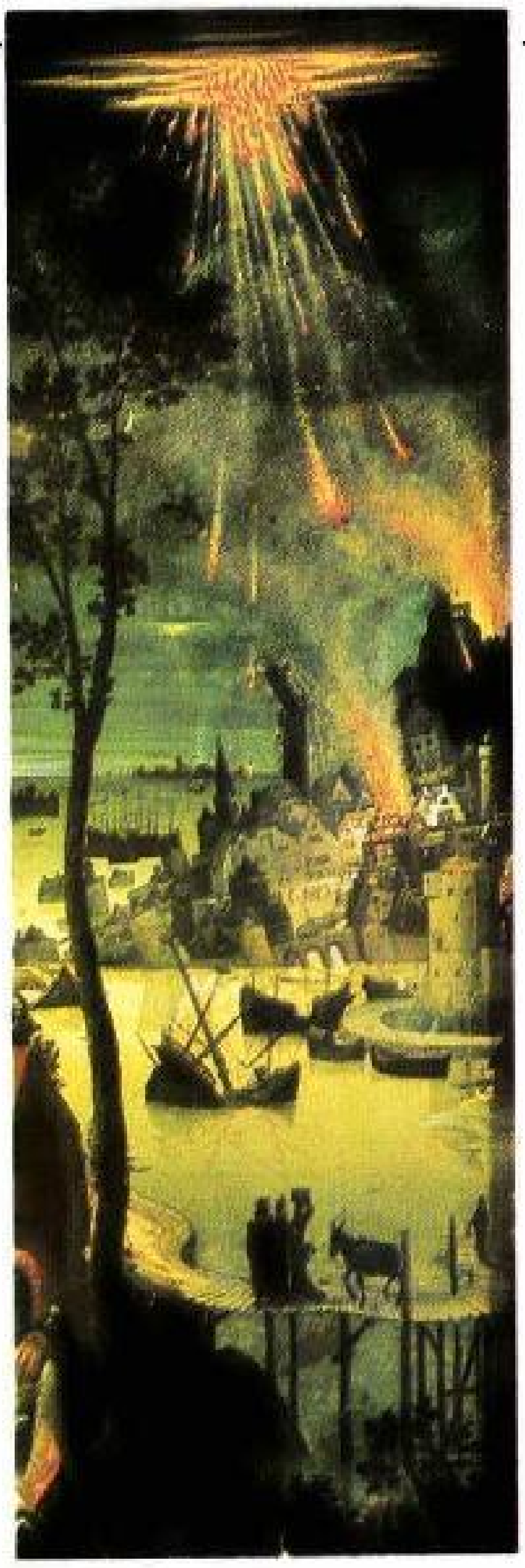
فرانك لويد رايت

هذا المعمارى الأمريكى هو رائد تصميم المبانى المقاومة للزلازل، وكان فندق «إمبريال» الذى صممه وأشرف على بنائه فى طوكيو واحدًا من المبانى القليلة التى لم يمسها زلزال 1923 بأى سوء.



اختبار بالاهتزاز

استخدمت منضدة الاهتزاز اليابانية هذه التى صممت عام 1923 لاختبار نماذج المبانى لمعرفة إلى أى مدى تصمد فى وجه الهزات الأرضية العنيفة. ويتم التحكم فى مناضد الاهتزاز الحديثة بواسطة الكمبيوتر.



العملاق الأعور

التقطت هذه الصورة لجبل فيزوف من الجو. وتشبه هذه الفوهة عينًا عملاقة، وربما تكون قد ألهمت الإغريق أسطورة «السيكلوب» وهي قبيلة من العمالقة بعين واحدة والتي ساعدت إله النار هيفاستوس في الحدادة (انظر أدناه والصفحة 36). ومثل الفوهات البركانية كان عمالقة «السيكلوب» يقذفون بالنيران والصخور في غضبهم.

اهتزاز قاع البحر

يُزعم أنه عندما غضب إله البحر الإغريقي بوسيدون (المعروف باسم نبتون عند الرومان) ضرب قاع البحر برمحه ثلاثي الشعب فتسبب هذا في حدوث زلازل وموجات التسونامي (انظر صفحتي 56-57).

دمار قريتي سودوم وجوموراه، لوحة لرسام فلمنكي مجهول

سودوم وجوموراه

تشير الكتب السماوية إلى دمار هاتين القريتين بالفيضانات والنيران نتيجة فساد أخلاق أهلها.

تمثال برونزي للإله هيفاستوس، يعود إلى القرن الأول أو الثاني قبل الميلاد

إله النار

اعتقد اليونانيون القدماء أن الإله هيفاستوس يمتلك ورشًا نارية تحت البراكين (انظر الصفحة 36) وقام إله آخر «بروميثيوس» بسرقة بعض من نيران البراكين وأعطاها للبشر، وهي طريقة لتفسير كيفية اكتشاف الإنسان للنار.

عندما تسافر الآلهة

تقول أسطورة يابانية: إن الزلازل تقع نتيجة تلوى سمكة صلور عملاقة. وعادة تسيطر الآلهة على السمكة الشريرة عن طريق تقييدها إلى صخرة كبيرة، ولكن خلال شهر أكتوبر عندما تسافر الآلهة فإن السمكة قد تهرب. ويوضح هذا الرسم الموجود على هذه الكتلة الخشبية الآلهة وهي تطير عائدة فوق أطلال مدينة إيدو (طوكيو الآن) بعد زلزال كبير في أكتوبر 1855، ويحمل كبير الآلهة الصخرة.

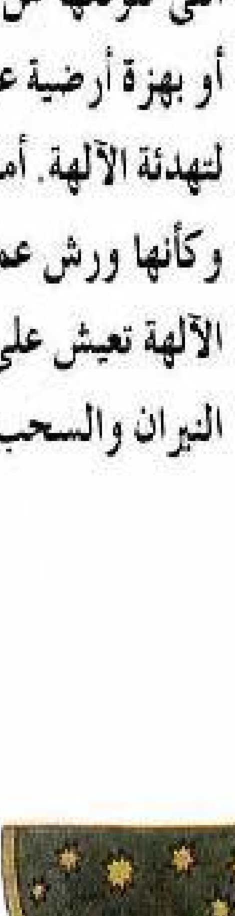
موطن الآلهة

يعتقد أن جبل فوجي هو موطن الإله كونيتوكوتاشي (انظر الصفحة 6) ويقال إن فوجي يامـا -وهي روح الجبل المقدسة- تقوم بحماية اليابانيين. وتقول الأسطورة إن الجبل يمكن تسلقه فقط عن طريق نقاء الروح، أما الآن فيصعد الآلاف إلى القمة كل عام.

غضب الآلهة

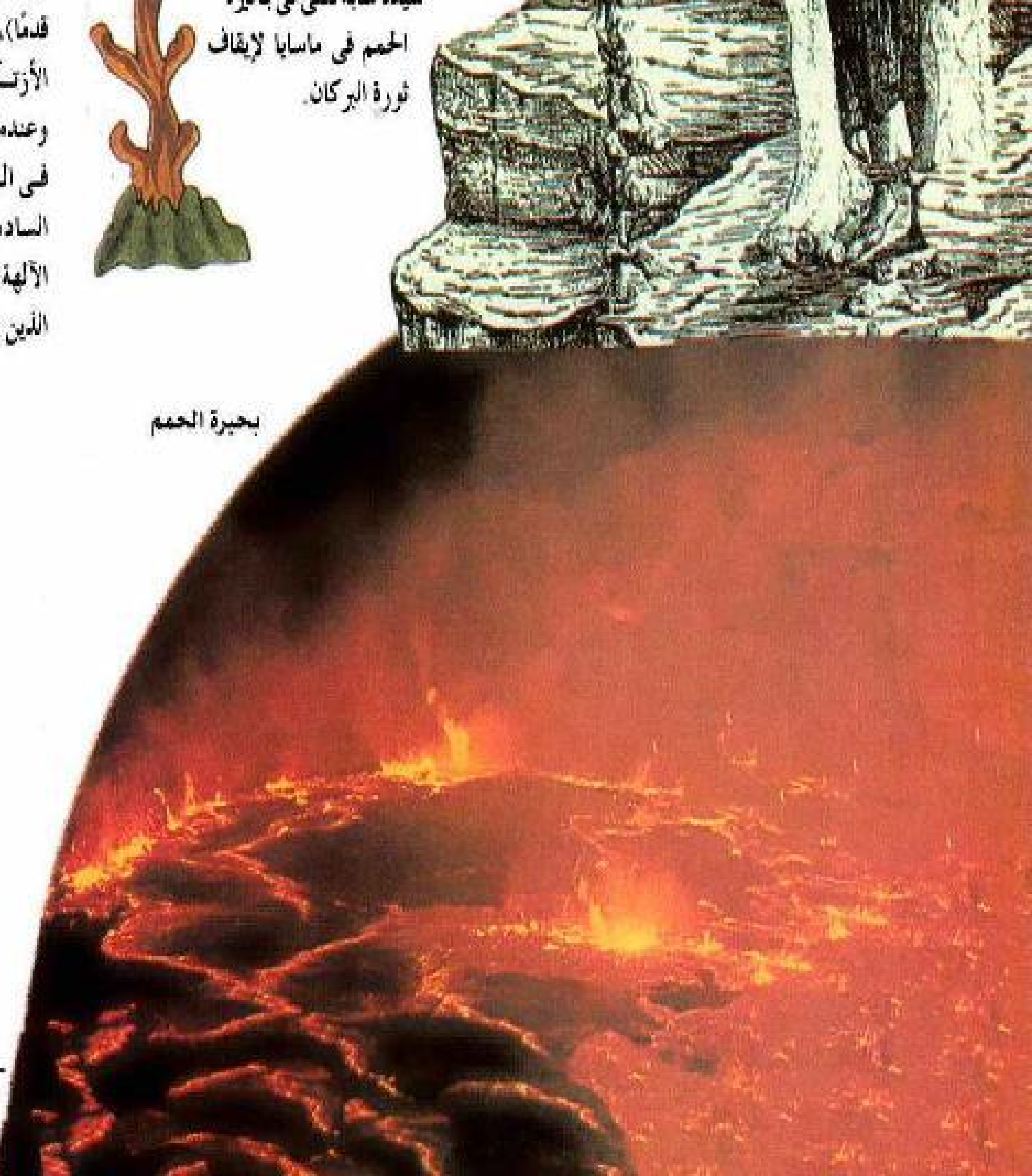
منذ بدء الخليقة والإنسان يتملكه الفضول حول الظواهر الطبيعية مثل الزلازل والثورات البركانية. وتعتبر الأساطير طريقة لتسجيل أو شرح هذه الأحداث الغريبة والخيالية أحيانًا. حتى إنه فى بعض مناطق العالم، تعتبر الأساطير والخرافات التى تتوارثها الأجيال هى التاريخ الوحيد لهم. وغالبًا فإن هذه الأساطير لا تكون مدونة أو ربما دونت مؤخرًا فقط. ومن خلال اللغة الشعرية والأفكار الروحية يمكن فى بعض الأحيان التعرف على الأماكن الحقيقية والأحداث. وتفسر معظم المجتمعات الأحداث الطبيعية بأنها أعمال من صنع الإله أو الآلهة، أو هى الطريقة التى تعبر بها الآلهة فى الكوكب عن بعض الانفعالات التى نتوقعها من البشر، فعندما تغضب الآلهة فقد تعاقب البشر بثورة بركانية حارقة أو بهزة أرضية عنيفة. وكثيرًا ما يتفاعل البشر مع هذه الحوادث فيقدمون قربانًا أو هدايا لتهدئة الآلهة. أما المجتمعات القريبة من البراكين النشطة فقد ترى الجبال النارية وكأنها ورش عمل الآلهة (انظر صفحة 36) ويعتقد أن الكثير من الآلهة تعيش على قمم البراكين المخيفة، والتى تكتنفها دائمًا النيران والسحب.

المسيحيون فى نابولى يحاولون إخماد ثورة بركان فيزوف عام 1906 (انظر صفحة 31) بالدعوات والابتهال.



بوباكاتبتل
يوضح هذا الرسم الأزتكى قمة بركان بوباكاتبتل بالمكسيك، وهى إحدى أعلى القمم فى الأمريكتين، حيث يصل ارتفاعها إلى 5452م (17887 قدمًا)، ويعنى الاسم فى اللغة الأزتكية «الجبل المدخن» وعندما ثار البركان ثورته العنيفة فى العشرينيات من القرن السادس عشر اعتقد الأزتكيون أن الآلهة قد غضبت من الغزاة الإسبان الذين نهبوا معابدهم.

القربان البشرى
وفى نيكاراجوا كانت أجمل سيدة شابة تُلقى فى بحيرة الحمم فى ماسايا لإيقاف ثورة البركان.



بحيرة الحمم

الضفدع المسئول
اعتقدت الكثير من الثقافات أن الأرض التى يقف الناس عليها محمولة بواسطة مخلوق ضخم. اعتقد الإغريق والرومان القدماء أن الإله أطلس الجبار هو الذى يحمل وزن العالم. (انظر صفحة 10). واعتقد المغوليون أنه ضفدع عملاق، وكلما تعثر الحيوان بسبب حمله الثقيل فإن الأرض تهتز محدثة زلزالاً. وتقول أسطورة هندوسية مماثلة إن الأرض تستقر على أظهر ثمانية أفيال عملاقة.

أسـئلة وأجـوبـة

س: متى يمكن القول بأن البركان صار هامدًا وأنه ليس خامدًا؟

ج: يقسم العلماء البراكين إلى ثلاث مجموعات: فالبركان يصنف نشطًا إذا كان قد انفجر خلال الأعوام المائة القليلة الأخيرة. ويقال إنه خامد إذا لم يكن قد انفجر خلال الأعوام المائة القليلة الأخيرة، ولكنه قد انفجر خلال بضعة الآلاف سنة الأخيرة. وإذا لم ينفجر البركان خلال بضعة الآلاف سنة الماضية يمكن القول عندئذ بأنه صار هامدًا.

س: هل الزلازل التى تسجل قراءات عالية على مقياس ريختر هى الأكثر تدميرًا؟

ج: ليس بالضرورة - فهناك الكثير من العوامل التى تؤثر على تداعيات الزلزال وخاصة جيولوجيا الصخور. وفوق هذا، تقاس الزلازل بمقياس آخر يسمى «مقياس قوة اللحظة». وهو يجمع بين قراءات ريختر والملاحظات حول حركة الصخور وذلك لإعطاء قياس أكثر دقة لحجم الدمار.

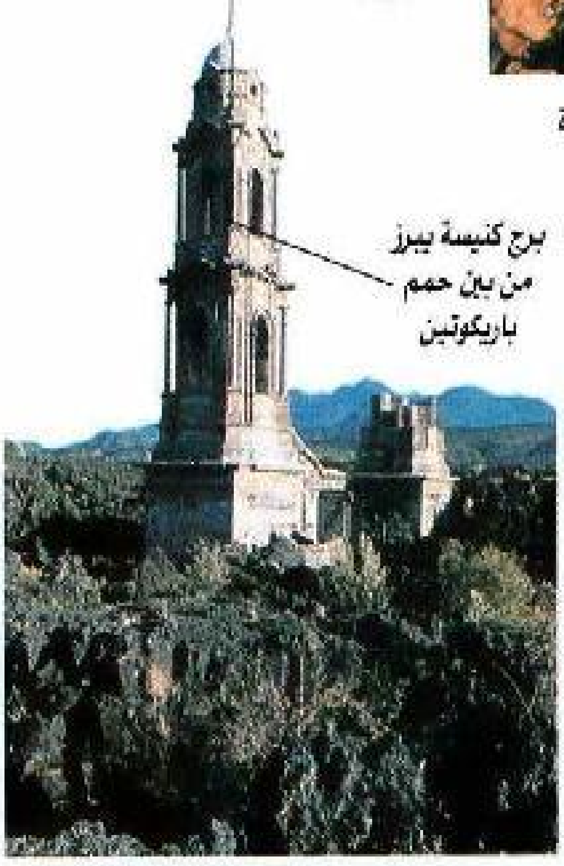
س: كم عدد البراكين النشطة الموجودة فى العالم؟

ج: هناك حوالى 1500 بركان نشط حول العالم. فى المتوسط يحدث ما بين 20-30 ثورة بركانية كل شهر. البعض منها يتضمن البراكين التى تثور بشكل مستمر مثل براكين هاواى: ماونالوا وكيلاوى.

س: هل يمكن للحمم أن تخرج من فتحة فى الأرض فجأة؟

ج: نعم، ففى عام 1943 فى باريكوتين بالمكسيك شاهد مزارع حممًا تتدفق من فتحة ظهرت فجأة فى حقله. وخلال يوم كان هناك تل مخروطى ارتفاعه 10أمتار (33 قدمًا). ومع استمرار الانفجارات خلال الشهور التى تبعت ذلك تكونت طبقة فوق الأخرى فى باريكوتين، وبعد مضى عام واحد بلغ ارتفاعها 450 مترًا (1476 قدمًا) وغمرت المدينة المجاورة.

تدريب على مواجهة الزلزال فى مدرسة بالولايات المتحدة



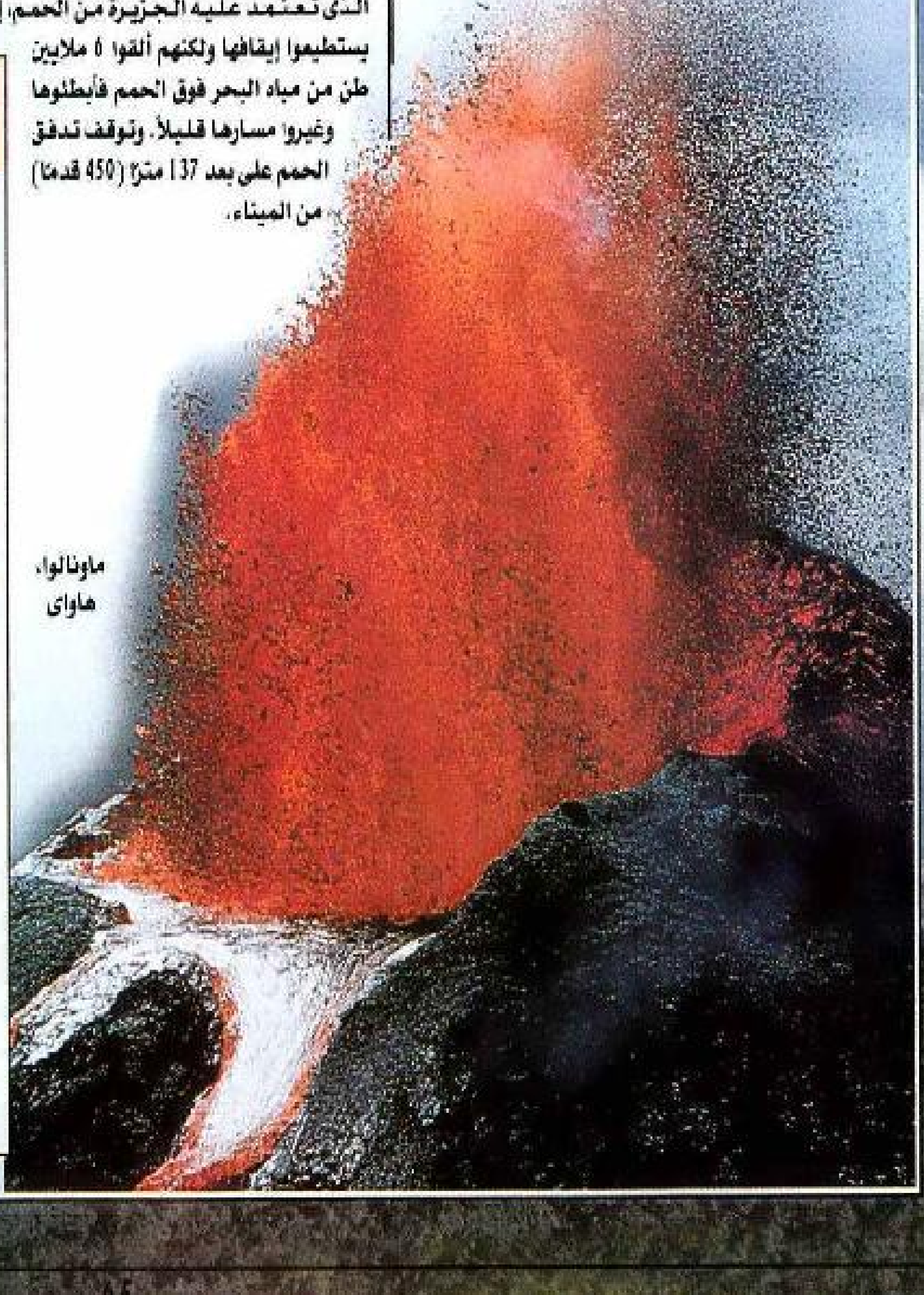
مدينة دفنتها الحمم، باريكوتين، بالمكسيك

س: ماذا ينبغى أن نفعل إذا وقع زلزال؟

ج: فى المنزل احتم عند مدخل الباب أو تحت منضدة قوية. وفى الأماكن العامة مثل الفصول فى المدارس، ابحث عن ساتر تحت منضدة أو مكتب واحم رأسك بذراعيك. عندما تتوقف الهزات اترك المبنى واختبئ بقدر الإمكان بعيدًا عن الحوائط والتى قد تكون غير ثابتة.

س: هل سبق أن حاول الناس من قبل إيقاف زحف الحمم المتدفقة؟

ج: عندما انفجر البركان على جزيرة هيماى الأيسلندية عام 1973 حاول الناس حماية الميناء الذى تعتمد عليه الجزيرة من الحمم، إلا أنهم لم يستطيعوا إيقافها ولكنهم ألقوا 6 ملايين طن من مياه البحر فوق الحمم فأبطئوها وغيروا مسارها قليلاً. وتوقف تدفق الحمم على بعد 137 مترًا (450 قدمًا) من الميناء.



ماونالوا، هاواى

محطمو الأرقام القياسية

أضخم البراكين

ماوناكى فى هاواى بركان هائل يصل ارتفاعه إلى 1,355 مترًا (4,446 قدمًا) أى إنه أعلى من جبل إفرست ولكن لأنه يخرج من قاع البحر، فإن أغلبه مغطى بالمياه.

أطول الفوارات الحارة

يعتبر فوار «ستيم بوت» فى يلوستون بارك، بولاية وايومنج الأمريكية أطول فوارات العالم حيث يقذف بالماء على ارتفاع يتراوح ما بين 60 - 115م (195 - 380 قدمًا). ولكن فى عام 1904 وصل ارتفاع مياه فوار وايمانجو فى نيوزيلندا إلى 460 مترًا (1,500 قدم).

أكبر الزلازل

فى عام 1960 تم رصد زلزال قوته 9,5 درجة بمقياس ريختر فى تشيلى. وأدى إلى حدوث موجات التسونامى التى وصلت إلى اليابان.

أكثر الزلازل تدميرًا

فى عام 1556، أسفر الزلزال الذى هز منطقة شانسى بالصين والذى بلغت قوته 8,3 بمقياس ريختر عن مصرع 800,000 شخص هناك.

أعلى موجة تسونامية

أعلى موجة تسونامية تم تسجيلها ضربت جزيرة إيشيجاكى باليابان عام 1971 وبلغ ارتفاع الموجة العملاقة 85م (279 قدمًا).

هل تعلم؟

حقائق مذهلة

خلال عشرين ثانية فقط دمر زلزال 1991 الذى ضرب مدينة كوبى باليابان حوالى 18000 مبنى وتسبب فى مقتل 6310 أشخاص وإصابة 43000 آخرين. وقدرت تكاليف إعادة إعمار المدينة بحوالى 147 مليار دولار أمريكى.

لقى ما يقرب من 200 دب أسود مصرعها خلال ثورة بركان جبل سانت هيلنز

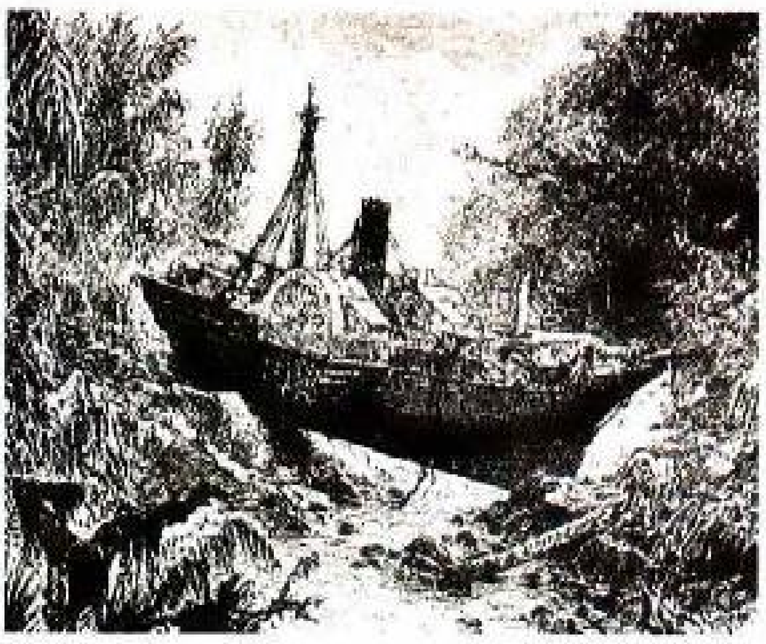
إن الآثار الناجمة عن البركان قد تدمر الحياة البرية. وتوضح الإحصاءات الصادرة بعد ثورة بركان جبل سانت هيلنز أن 11,000 أرنب برى و6000 غزالة و5200 ظبى و1,400 قيوط و300 قط برى و200 دب أسود و15 أسدًا جبليًا قد قتلوا فى الانفجار البركانى.

تنتقل سحب الفتات البركانى الحارقة بسرعات مرعبة تصل إلى 500ك/ساعة (300ميل/ساعة) وتصل درجات حرارتها إلى 800°م (1472°ف)، وتحرق كل ما يعترض طريقها.

عندما تظهر الشقوق فى قاع المحيط حيث تتباعد الألواح التكتونية فإن المياه التى تسخنها الصهارة قد تصل درجة حرارتها إلى 662°م (1224°ف).

كانت إحدى أشهر مناطق الجذب السياحى فى أيسلندا هى جريت جايزر (الفوار العظيم) بالقرب من ريكيافيك حيث تراوح ارتفاع النفاث المنطلق منه ما بين 60-80 مترًا (200-270 قدمًا)، وعندما توقف الفوار عن التدفق عام 1916 تمكن الناس من تنشيطه مجددًا بضع مرات باستخدام مسحوق الصابون، ولكنه الآن مجرد حفرة عمقها 18 مترًا (60 قدمًا).

فى عام 1883 انفجر بركان كراكاتوا فى إندونيسيا. كان الانفجار مدويًا لدرجة أنه صم آذان البحارة على بعد أكثر من 40كم (25 ميلاً)، كما لقى حوالى 36.000 شخص مصرعهم معظمهم بسبب موجات التسونامى التى وصل ارتفاعها إلى 30 مترًا (100 قدم) ودمرت جاوة وسومطرة. انجرفت القرى والمراكب والسفن نحو اليابسة بما فى ذلك باخرة كبيرة وجدت على بعد 2.6كم (1.5) ميل.



باخرة انجرفت نحو اليابسة عقب ثورة بركان كراكاتوا

تسبب الحرائق مشكلة خطيرة بعد وقوع الزلزال. فأنابيب الغاز المكسورة تساعد على انتشار الحرائق بصورة أسرع وأنابيب المياه المتفجرة تتسبب فى إهدار واحدة من أهم وسائل إخماد النيران. هذا بالإضافة إلى الشوارع المسدودة بالحطام مما يجعل مهمة رجال الإطفاء تقريبًا مستحيلة.

إن اعظم ثورة بركانية فى العصور الحديثة هى ثورة بركان تامبورا بإندونيسيا عام 1815. فقد نتج عن ثورة البركان 80كم3 (19,2 ميل3) من الرماد البركانى بالمقارنة بـ 1 كم3 (0,24 ميل3) فى ثورة بركان جبل سانت هيلنز. وخلال الـ 10,000 سنة الماضية لم تحدث إلا أربعة انفجارات بركانية فى قوة انفجار تامبورا.

فى المحيط المفتوح قد تنتقل موجات التسونامى بسرعات مذهلة تصل إلى 600ك/ساعة (373 ميلاً/ ساعة).

عادة ما تظهر الحيوانات سلوكًا غريبًا قبل وقوع الزلزال. فى عام 1975 بالصين نجح العلماء فى التنبؤ بالزلزال عندما لاحظوا أن الثعابين قد استيقظت من البيات الشتوى والفئران تندفع فى حشود كبيرة.

شاحنة تهرب من السحب الحارقة فى بيناتوبو بالفلبين عام 1991

الرماد يغمر مدينة فيستمانيجار، بأيسلندا

1973 هيماى، أيسلندا:
انفجر بركان إلدفيل بعد 5000 عام من الخمود، غمرت الحمم المنصهرة ثلث مدينة فيستمانيجار الواقعة على جزيرة هيماى بأيسلندا.

1976 تانج شان، الصين:
يعتبر أكثر الزلازل تدميرًا فى العصر الحديث حيث تركزت هزة أرضية عنيفة قوتها 8,3 درجة بمقياس ريختر أسفل تانج شان مباشرة، فدُمِّرت المدينة بأكملها تقريبًا ولقى أكثر من 240,000 شخص مصرعهم.

1980 جبل سانت هيلنز، الولايات المتحدة:
أدى انفجار جبل سانت هيلنز إلى تدمير الجزء الشمالى من البركان، كما تسبب فى تصاعد سحابة حارقة من الغاز والغبار والصخر، وقد دُمِّرت مناطق شاسعة حول البركان من جراء انهيار الصخور والجليد والتدفقات الطينية والفيضانات.

1985 مكسيكوسيتى، المكسيك:
ضربت هزات أرضية عنيفة بلغت قوتها 8,1 درجة على مقياس ريختر مدينة مكسيكوسيتى واستغرقت ثلاث دقائق. لم تتأثر المبانى الواقعة خارج وسط المدينة ولكن المبانى الشاهقة الارتفاع فى وسط المدينة سُوِّيت بالأرض، وتشرد حوالى مليون شخص.

1985 نيفادو دل رويز، كولومبيا
تسببت ثورة بركان رويز فى حدوث تدفق طينى ضخم غمر مدينة أرميرو الواقعة على بعد 60كم (36 ميلاً)، ودفن 22000 شخص داخل الطين.

1988 سبيتاك، أرمينيا:
ضربت هزة أرضية عنيفة أرمينيا وشمال شرق تركيا، وتقريبًا دُمِّرت مدينة سبيتاك بالكامل ولقى أغلب سكانها مصرعهم.

1991 كيلاوى، هاواى:
بركان كيلاوى الذى ظل نشطًا نسبيًا بصورة هادئة منذ عام 1983، أطلق فجأة كميات ضخمة من الحمم غطت الطرق لمسافة 13كم (8 أميال)، ودمرت 181 منزلاً ومركزًا للزائرين.

1991 بيناتوبو، الفلبين:
أكثر الثورات البركانية عنفًا فى القرن العشرين، حيث دمَّر الرماد المتساقط 42000 منزل وغمر الأرض، كما أدى الرماد البركانى فى الغلاف الجوى إلى خفض درجات الحرارة حول العالم.

1994 لوس أنجلوس، الولايات المتحدة:
دمر زلزال تحت المدينة مباشرة تسع طرق سريعة و 11000 مبنى خلال 30 ثانية فقط.

1995 كوبى، اليابان:
سُوِّيت كوبى بالأرض من جراء أكثر الزلازل قوة، والتى ضربت المدينة الحديثة، بلغت قوته 7,2 درجة بمقياس ريختر، كما تضررت المبانى أيضًا فى كيوتو، والتى تبعد حوالى 50 كم (40 ميلاً) عن كوبى.

1996 جريمسفوتن، أيسلندا:
ظهر صدع طوله 4كم (2,5 ميل) بجانب بركان جريمسفوتن والذى يقع أسفل نهر فاتناجوكول الجليدى فى أيسلندا، وتسببت الحمم التى صهرت النهر الجليدى فى حدوث فيضان سريع دمَّر الطرق وخطوط الأنابيب وكابلات الطاقة.

1997 مونتسيرات، أنتيل:
بعد مرور عامين أو ثلاثة من النشاط الطفيف، وقعت سلسلة من الانفجارات البركانية الهائلة فأصبح ثلثا جزيرة مونتسيرت غير مأهول واضطر 8000 شخص إلى مغادرة الجزيرة.

الدمار الذى لحق بالطريق السريع، كوبى، اليابان

1998، غينيا الجديدة:
تسبب زلزال عنيف على شاطئ البحر فى حدوث موجة تسونامى بلغ ارتفاعها 10 أمتار (33 قدمًا)، والتى اندفعت لمسافة 2كم (1,2 ميل) داخل البلاد، دمرت موجة التسونامى أربع قرى، ولقى حوالى 4500 شخص مصرعهم.

2002 جمهورية الكونغو الديمقراطية:
اضطر حوالى نصف مليون شخص إلى ترك منازلهم عندما تدفقت أنهار من الحمم من جبل نياراجونجو، اتخذت الحمم طريقًا ممتلئًا باللهب خلال جوما، ودمرت خمسى المدينة.

بركان كيلاوى، هاواى

الخـــط الزمنـــى

إن الكوكب الذى نعيش فوقه يمتلك تاريخًا عنيفًا ونشاطه المتواصل يذكرنا باستمرار أننا نحيا تحت رحمة عالم الطبيعة، ويعرض الخط الزمنى فى الأسفل بعض الثورات البركانية والزلازل الكبيرة التى وقعت خلال الأعوام الأربعة آلاف الماضية. ونحن نستقى معظم معلوماتنا عن الأحداث من الذاكرة الحية، أو من سجلات التاريخ الحديث، ولكن علماء البراكين يمكنهم أن يرجعوا بالزمن أكثر إلى الوراء من خلال دراسة مظاهر سطح الأرض. ومن المعتقد أن إحدى كبرى الثورات البركانية وقعت منذ مليونى عام مضت كانت فى يلوستون، بولاية وايومنج الأمريكية، وكانت أقوى 250 مرة من بركان بيناتوبو عام 1991م.

غاز، وغبار، وصخور تنفجر من جبل سانت هيلنز عام 1980م

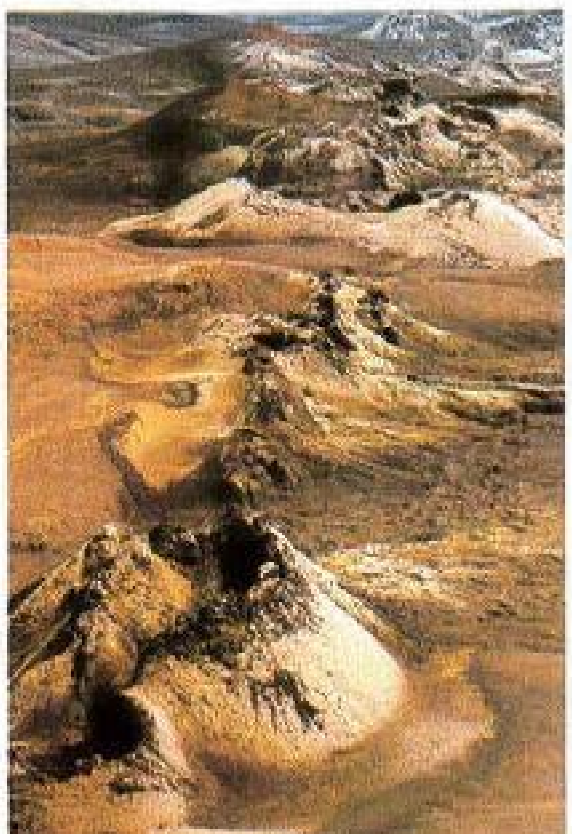
1620 قبل الميلاد سانتوريني، اليونان:
نسفت الثورات البركانية العنيفة جزيرة سانتوريني ودفنتها تحت 30 مترًا (98 قدمًا) من صخور الخفاف.

79 بعد الميلاد فيزوف، إيطاليا:
غمرت سحابة حارقة من الرماد البركانى مدينتى بومباى وهيركولانيوم الرومانيتين وقتلت الآلاف.

1755 لشبونة، البرتغال:
ضرب زلزال عنيف بلغت قوته 8,5 درجة بمقياس ريختر العاصمة البرتغالية وحولها إلى أنقاض.

1783 حرائق سكافتار، أيسلندا:
ظهر صدع طوله 27كم (16 ميلاً) فى سطح الأرض: فأدى إلى نشر الغازات السامة والحمم الحمراء الساخنة.

فوهات بركانية تميز صدع سكافتار اليوم



1815 تامبورا، إندونيسيا:
أكبر انفجار بركانى تم تسجيله على الإطلاق، حيث لقى حوالى 90000 إندونيسىٍ مصرعهم ويعتقد أن الغبار المتصاعد قد قلل من مستويات ضوء الشمس حول العالم، وكان له تأثير على مناخ الكوكب بصورة كبيرة.

1883 كراكاتوا، إندونيسيا:
تسببت قوة انفجار بركان كراكاتوا الهائلة فى تكون فوهة بركان وصل عمقها إلى 290مترًا (960 قدمًا) فى قاع المحيط وتسببت فى حدوث موجات تسونامى عملاقة دمرت شواطئ جاوة وسومطرة.

1902 جبل بيليه، مارتينيك:
لقى كل سكان سانت بيير مصرعهم فيما عدا اثنين بسبب سحابة الغاز والغبار الحارقة التى انهمرت من جوانب جبل بيليه بسرعات بلغت 161 كم/ ساعة (100 ميل/ ساعة). لقى حوالى 30000 شخص مصرعهم.

1906 سان فرانسيسكو، الولايات المتحدة:
ضربت هزتان أرضيتان عنيفتان المدينة وتسببت فى اندلاع حرائق ظلت مشتعلة على مدى بضعة أيام. تم تقدير قوة الزلزال بحوالى 8,3 درجة بمقياس ريختر.

1920 شينينج، الصين:
دمرت مقاطعة جانسو بالكامل عندما ضربها زلزال بلغت قوته 8,6 درجة بمقياس ريختر. ولقى ما يزيد على 180000 شخص مصرعهم.

1923 طوكيو، اليابان:
ضرب زلزال قوته 8,3 درجة بمقياس ريختر مدينة طوكيو فسوى 600,000 منزل بالأرض، وكفاء المواقد مما أدى إلى حدوث عاصفة نيران هائلة.

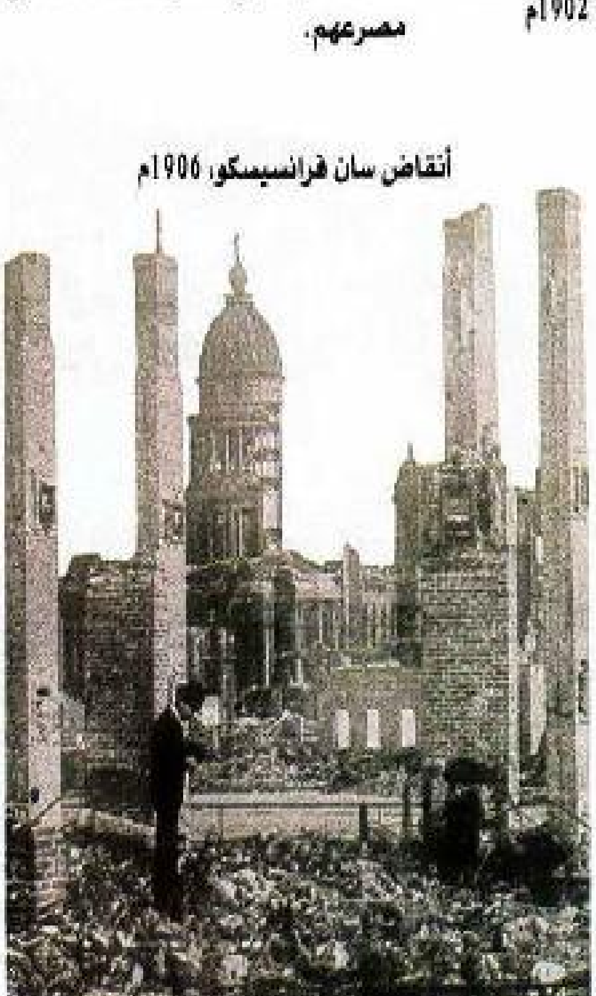
1943 باريكوتين، المكسيك:
تدفقت الحمم من شق طولى فى حقل أحد المزارعين. وبحلول عام 1952 وصل التل المخروطى إلى ارتفاع 528 مترًا (1476 قدمًا).

ساعة أوقفتها ثورة بركان جبل بيليه عام 1902م

1963 سيرتسى، أيسلندا:
كونت الانفجارات البركانية تحت البحر جزيرة جديدة قبالة الساحل الجنوبى الغربى من أيسلندا.

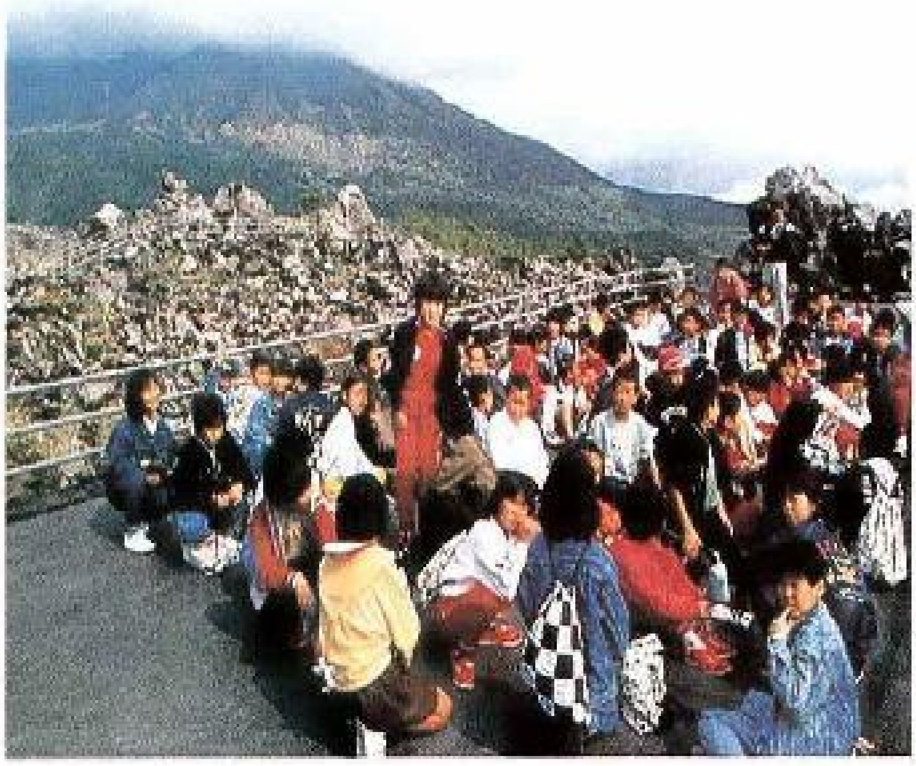
1963 سكوبيه، مقدونيا:
دمر زلزال عنيف أكثر من 15000 منزل تاركًا ثلاثة أرباع سكان المدينة بلا مأوى، كما لقى على الأقل 1,000 شخص مصرعهم.

أنقاض سان فرانسيسكو، 1906م



مراقبة كوكب الأرض

بسبب المخاطر التي ينطوي عليها الاقتراب من البركان فعلماء البراكين المدربون هم وحدهم القادرون على مراقبة البراكين عن كثب، ولكن يمكنك متابعة الكثير من الأعمال التي يقوم بها هؤلاء الخبراء في كل أنحاء العالم على الإنترنت. داخل الإطار أسفل الصفحة ستجد عناوين بعض المواقع الإلكترونية التي تقدم معلومات عامة عن علم البراكين، كما ستجد بعض الروابط للكثير من البراكين. وتتصل بعض المواقع بكاميرات لتصوير البراكين حتى يمكنك مشاهدة النشاط البركاني على الهواء من خلال شبكة الإنترنت. ومن أجل الحصول على أحدث المعلومات فإن معهد سميثسونيان بالولايات المتحدة يصدر تقريرًا أسبوعيًا على شبكة الإنترنت عن النشاط البركاني في كل أنحاء العالم.



الحياة مع البركان

هؤلاء الأطفال يقومون بدراسة بركان ساكوراجيما في اليابان، فهو أحد أنشط البراكين في العالم حيث ينفجر حوالي 150 مرة خلال العام. مثل الكثير من البراكين النشطة الأخرى، يتم مراقبة بركان ساكوراجيما من خلال مرصد براكين يجمع معلومات للأبحاث وللمساعدة في التنبؤ بالنشاط البركاني الذي قد يكون مصدر تهديد لحياة البشر. ومعظم هذه المراصد لديها مواقع إلكترونية تعرض أحدث المعلومات والصور.

مشاهدة البراكين من الفضاء

تم التقاط هذه الصورة بواسطة مكوك فضاء، وهي توضح سحبًا كثيفة من الرماد والغبار نتيجة ثورة بركان كليوشيفسكي بروسيا عام 1994 وقد تسببت سُحُب الرماد البركاني في حدوث تلوث وتأثير على المناخ وحركة الملاحة الجوية. ويتم مراقبتها وقياسها بواسطة الأقمار الصناعية. يمكن مشاهدة مناظر البراكين المذهلة على سطح الأرض أو في الفضاء عبر المواقع الإلكترونية المتعددة.

مهـنـة خطـرة

يقوم عالم البراكين هذا بفحص عينات الغاز داخل فوهة بركان جبل إيرباس في القطب الجنوبي. إنه حقًا عمل محفوف بالمخاطر، وقد تتسبب الثورات المفاجئة في إحراق ملابس العلماء وحبالهم، ولكن هذا لا يعد إلا جزءًا بسيطًا من عمل عالم البراكين. فهو يقضي وقتًا أكثر من ذلك بكثير في تحليل المعلومات ونصح الناس حول المخاطر المصاحبة للبراكين. وهناك الكثير من المواقع على شبكة الإنترنت التي يمكنك من خلالها معرفة المزيد عن عمل علماء البراكين، وكذلك يمكنك أن تعرف كيف تصبح واحدًا منهم.

مواقع إلكترونية مفيدة بالإنترنت:

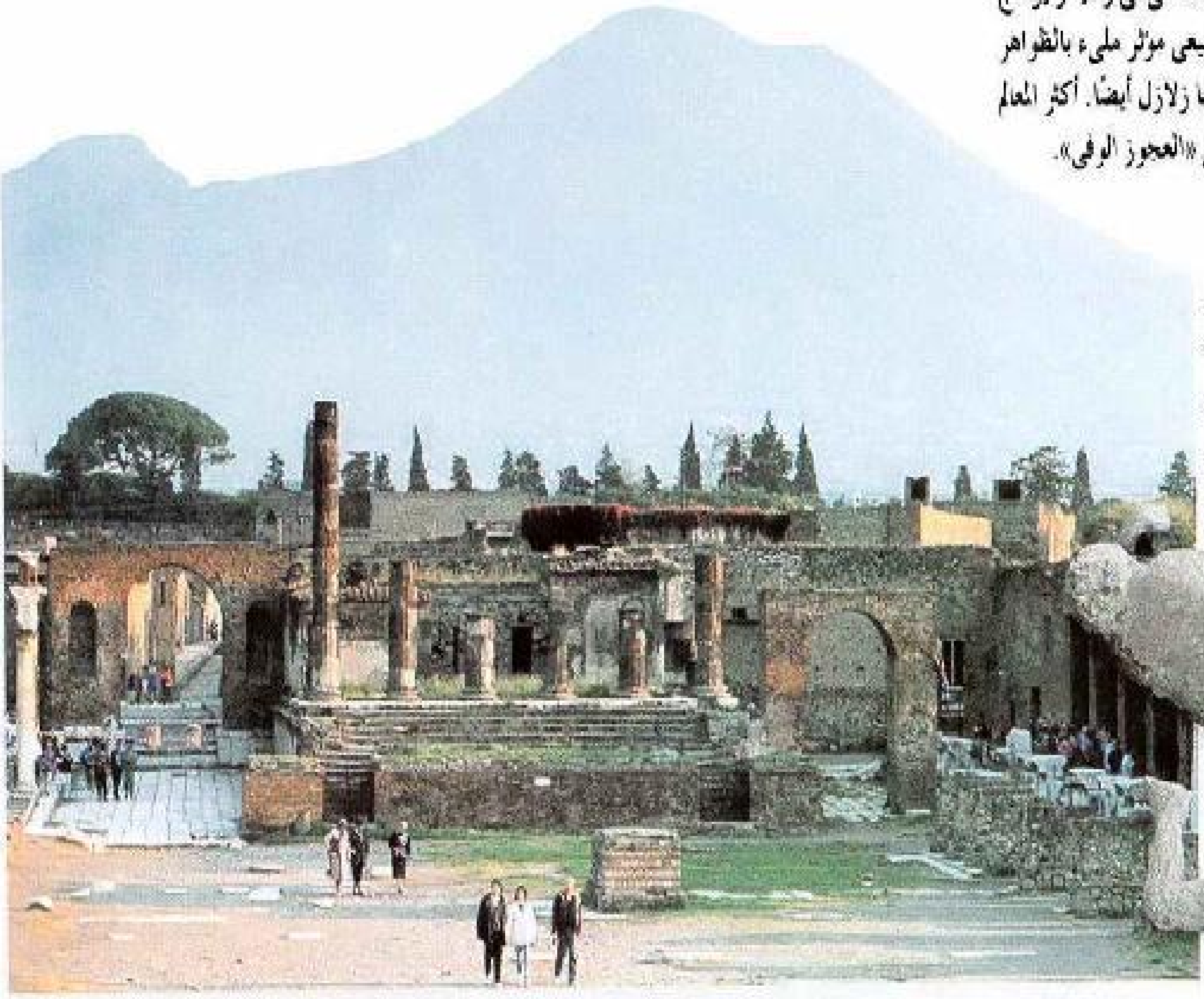
- عالم البراكين Volcano World
  volcano.und.edu/vw.html
- خريطة الشواهد البركانية حول العالم
  geo.mtu.edu/volcanoes/world.html
- تقرير معهد سميثسونيان حول النشاط البركاني
  www.volcano.si.edu/gvp/usgs/index.htm
- البراكين في الشبكة الإلكترونية التعليمية
  usgs.gov/education/learnweb/volcanco/index.html
- قسم البراكين داخل موقع مع مناظر للمجموعة الشمسية
  www.solarviews.com.eng/tervolc.htm
- دليل «ناسا» لروابط مواقع الأخطار الطبيعية بما في ذلك البراكين، والزلازل وموجات التسونامي:
  gcmd.gsfc.nasa.gov/Resources/pointers/hazards.html

اكتشـــف المزيـــد

إلى حد كبير لا يمكن التنبؤ بالبراكين، وحتى علماء البراكين المخضرمون قد يلقون مصرعهم فى أثناء الثورات البركانية، ولكن على الرغم من ذلك فهناك متنزهات محلية للبراكين فى جميع أنحاء العالم، حيث يمكنك أن تشاهد الظواهر البركانية بأمان على الطبيعة. وهناك أيضًا الكثير من الطرق السهلة المنال، والتى يمكن من خلالها معرفة الكثير عن البراكين بما فى ذلك مواقع على شبكة الإنترنت، حيث يمكنك أن تجد أخبارًا عن آخر الثورات البركانية، ويمكنك أن تشاهد النشاط البركانى على الهواء مباشرة.

متنزه يلوستون بارك، الولايات المتحدة

فى هذه الصورة يمكنك أن ترى صفًا من الناس يتجولون خلال منظر طبيعى يشبه سطح القمر؛ هذا المنظر لحوض فوار نوريس الحار فى متنزه يلوستون المحلى فى ولاية وايومنج الأمريكية. تقع يلوستون فوق بقعة بركانية ساخنة ولها منظر طبيعى مؤثر ملىء بالظواهر البركانية مثل الفوارات الحارة والمنافذ البركانية، كما تحدث بها زلازل أيضًا. أكثر المعالم شهرة فى هذا المتنزه فوّار يطلق عليه اسم «أولد فيثفول» ويعنى «العجوز الوفى».

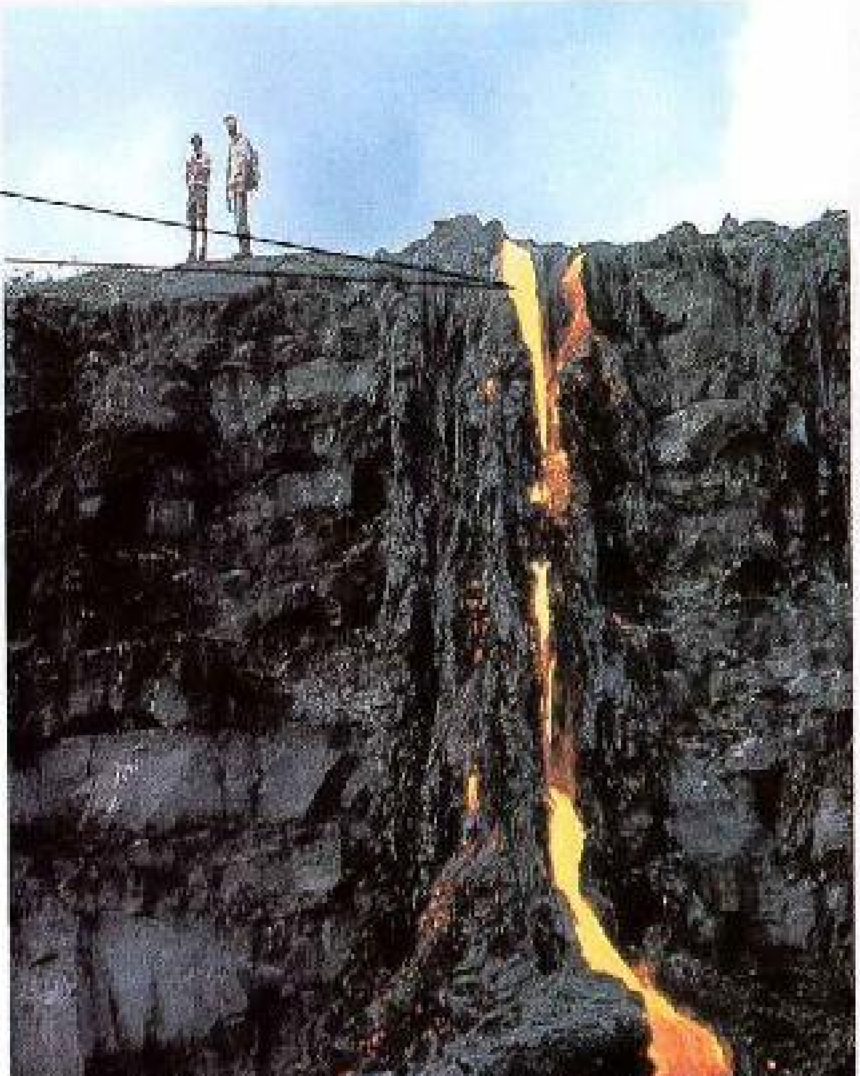


أطلال مدينة بومباى القابعة فى كنف جبل فيزوف

قصة ثورة بركانية

إن بقايا مدينتى بومباى وهيركولانيوم القديمتين بالقرب من نابولى فى إيطاليا (انظر صفحات 26 - 32) لم تمنح العلماء المعرفة الواسعة عن البراكين وحسب بل إنها تعطى الزائرين صورة لا تقدر بثمن عن البراكين والحياة فى العصور الرومانية القديمة. فكلتا المدينتين قد دُمِّرت عام 79 بعد الميلاد نتيجة ثورة بركان فيزوف. ولكنّ الجبل لازال بركانًا نشطًا - آخر ثورة بركانية حدثت له كانت فى عام 1944. وإذا سمحت الظروف المناخية يمكن للزائرين تسلق الجبل والنظر إلى داخل فوهة البركان.

جثث الرومان القدماء الذين اختنقوا بسبب الغازات السامة، وحفظت الجثث داخل الرماد البركانى



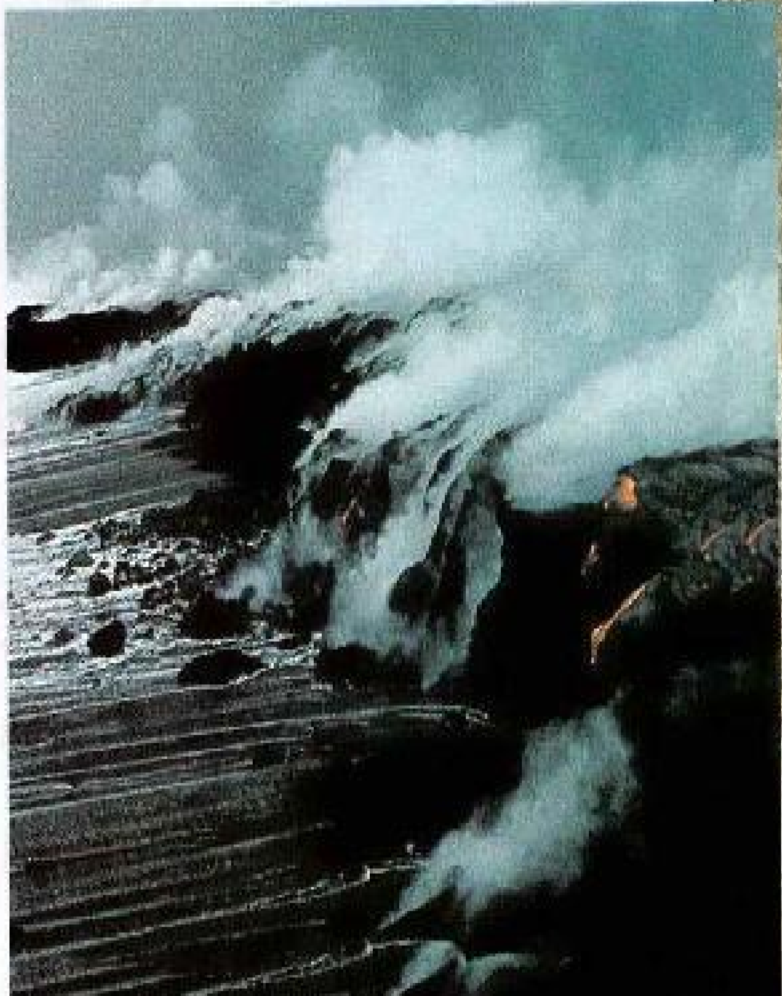
حمم باهوى هوى السائلة تتدفق فوق جرف مكون من طبقة فوق الأخرى من الحمم

تدفق الحمم من بركان كيلاوى فى هاواى

زيارة البراكين

هناك الكثير من المتنزهات المحلية حول العالم حيث يستطيع الزائرون رؤية علامات النشاط البركانى الماضية والحالية. وتوجد أشهر المتنزهات فى هاواى، والولايات المتحدة، وأيسلندا، ونيوزيلندا، واليابان، والمكسيك وجزر الكنارى. وفى هاواى يوجد نشاط بركانى لا ينقطع تقريبًا. ويمكن للزائرين القيادة حتى حافة البركان النشط كيلاوى، ويمكنهم السير فوق أنبوب حمم، وأن يشاهدوا البركان من مسافة آمنة.

النـــار والميـــاه



السيزموميتر: الجهاز الذى يرصد موجات الزلزال يسمى سيزموميتر، أما الجهاز الذى يسجل المعلومات فيسمى السيزموجراف.

الشدة: يستخدم هذا المصطلح فى وصف حدة الهزة فى أثناء الزلزال، وعادة يتم قياسها باستخدام مقياس ميركالى المعدل.

الشرخ: شق فى الأرض، وتحدث ثورة الشرخ عندما تتدفق الحمم الجارية من فتحة فى الأرض.

الصخور النارية: هى الصخور التى تتشكل عندما تبرد الصهارة والحمم.

الصدع: شق فى الصخر تنزلق من خلاله كتل الصخور بعضها خلف بعض.

صدع وسط المحيط: سلسلة جبلية فى قاع المحيط تتكون عندما يلتقى لوحان من الألواح التكتونية.

الصهارة: صخور منصهرة ساخنة داخل وشاح الأرض.

عالم البراكين: العالم الذى يقوم بدراسة البراكين.

غرفة الصهارة: المنطقة تحت البركان حيث تتكون الصهارة قبل حدوث الانفجار البركانى.

الفوار الحار: المكان الذى تنبعث منه إلى الهواء المياه التى حميت بواسطة الصهارة الساخنة تحت الأرض.

الفوهة: منخفض مجوف يتكون عندما ينهار التل المخروطى للبركان إلى الداخل، وتُعرف أيضًا باسم الكالديرا.

القنابل والكتل: قطع كبيرة من الحمم تقذف خلال الثورة البركانية. تكون القنابل دائرية إلى حد ما، أما الكتل فتكون بارزة الحافات.

القوة: يستخدم هذا المصطلح لوصف حدة أو درجة الزلزال، ويتم حسابه أو قياسه باستخدام العديد من الوسائل، أشهرها مقياس ريختر.

كالديرا: فوهة عملاقة أو منخفض على شكل تجويف فوق قمة البركان، وهى تتكون عندما تنهار القمة داخل غرفة صهارة البركان، وقد تمتد الكالديرا لعدة أميال.

اللب: مركز الأرض المكون من معادن كثيفة، وبخاصة الحديد. أما اللب الداخلى فصلب، بينما يتكون اللب الخارجى من معدن سائل.

اللوبيات: قطع صغيرة من الحمم تتكون عندما تنفجر الصهارة من البركان.

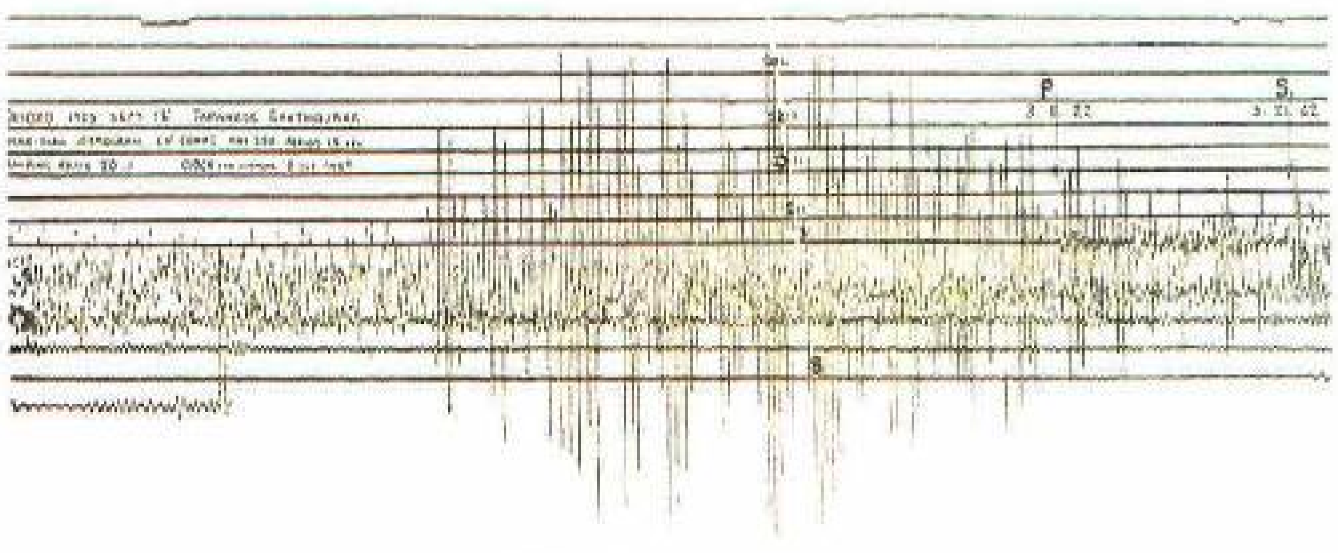
المداخن السوداء: ينابيع ساخنة بركانية فى قاع المحيط، تقذف بالمياه السوداء التى تحتوى على كبريتيدات المعادن والأوكسيدات.

المركز السطحى: تلك النقطة على سطح الأرض الواقعة فوق بؤرة الزلزال مباشرة.

الموجات السيزمية: موجات الاهتزاز أو الصدمة التى تنبعث من بؤرة الزلزال.

موجات S : الموجات الأبطأ، الثانوية، للزلزال.

الخفاف



سيزموجرام لزلزال طوكيو 1923م

حمم باهوى هوى

حمم أ هـ أ هـ

منطقة الهبوط: هى المنطقة التى يتقابل فيها لوحان من الألواح التكتونية، وينزلق أحدهما داخل الوشاح فيتكون مزيج انفجارى من الصخور المنصهرة والغاز.

المنفذ: الفتحة التى تحدث من خلالها الثورة البركانية.

المنفذ البركانى: منفذ أو فتحة داخل سطح الأرض ينبعث منها البخار أو الغاز.

المنفذ المائى الحرارى: المكان الذى تنفجر من خلاله المياه الغنية بالمعادن إلى السطح، والتى تسخن بواسطة الصهارة الملتهبة تحت الأرض. الينابيع الساخنة، والمداخن السوداء والفوارات الحارة كلها منافذ مائية حرارية.

موجات (P) : الموجات «الأولية» للزلزال والأكثر سرعة.

مقياس ريختر: مقياس يستخدم لقياس قوة الهزة الأرضية عن طريق حساب الطاقة الكلية المنبعثة، ويتم هذا من خلال دراسة موجات الصدمة التى تسجلها السيزموجرافات. المقياس يتراوح ما بين 1 إلى 10 درجات؛ حيث إن رقم 10 يمثل الطرف الأكثر شدة فى المقياس.

مقياس ميركالى: مقياس يستخدم لقياس شدة الزلزال من خلال ملاحظة آثاره.

الهامد: يستخدم المصطلح فى وصف البركان الذى لم يكن نشطًا على مدى آلاف الأعوام الماضية.

وسادة الحمم: تكوينات من الحمم الدائرية التى تتشكل عندما تتدفق الحمم ببطء تحت الماء.

الوشاح: طبقة داخل الأرض بين القشرة واللب، يبلغ سمكها 2,300كم (1,428 ميل).

اثنان من علماء البراكين يقومان بجمع عينات من الغاز فوق بركان كوليما فى المكسيك

المصطلحات

الألواح التكتونية: النظرية التى تقول إن سطح الأرض مقسم إلى شرائح كبيرة أو ألواح. الألواح السبعة الكبرى والكثير من الألواح الصغرى تتحرك باستمرار بمعدل بضعة سنتيمترات كل عام. معظم البراكين والزلازل تتكون عند حدود هذه الألواح.

أنبوب تغذية: الأنبوب الطويل الذى تمر من خلاله الصهارة من غرفة الصهارة إلى السطح.

أنبوب الحمم: نفق من الحمم يتكون عندما يبرد سطح تدفقات الحمم، ويصبح صلبًا فيكون سقفًا، بينما تستمر الحمم الساخنة المنصهرة فى التدفق أسفله.

الانجراف القارى: حركة القارات الناتجة عن الألواح التكتونية.

أهـ أهـ: كلمة من هاواى تستخدم لوصف الحمم السميكة اللزجة التى تشكل كتلاً حادة الزوايا عندما تتجمد.

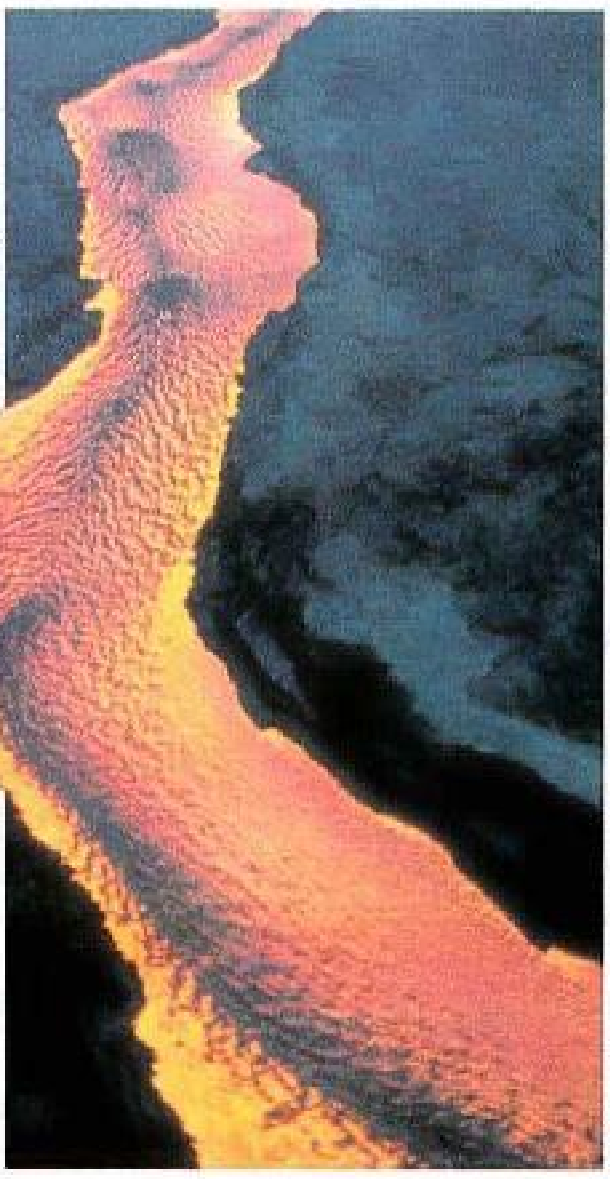
البازلت: أكثر الصخور البركانية شيوعًا. يتكون البازلت من الحمم الجارية، وهو داكن اللون ودقيق الحبيبات.

باهوى هوى: كلمة من هاواى ومعناها الحمم الساخنة الجارية التى تتدفق بسرعة، وعادة فى شكل تدفق ضحل إلى حد ما.

بحيرة الفوهة: بحيرة تتكون عندما تملأ المياه الفوهة أو الكالديرا فى قمة البركان.

البقعة الساخنة: مكان فى منتصف اللوح التكتونى، وليس على حافته، حيث تتصاعد أعمدة الصهارة من طبقة الوشاح خلال قشرة الأرض فيتكون البركان.

عين جمل مكرين من بومباى



تدفق حمم آه آه الملتهبة، هاواى

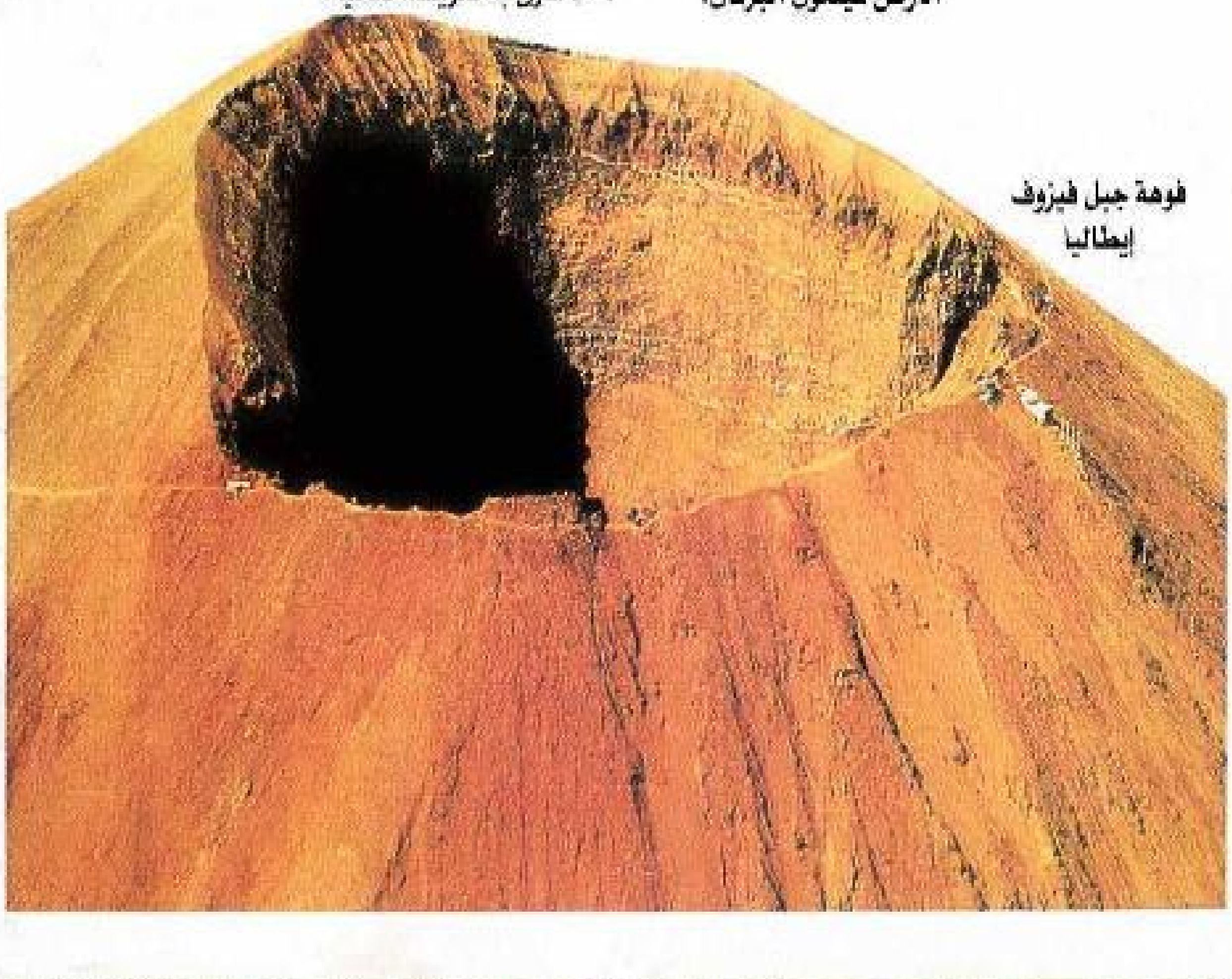
البؤرة: النقطة داخل وشاح الأرض التى ينشأ منها الزلزال.

التدفق الطينى: موجة سريعة الحركة من الطين والمياه وعادة الرماد البركانى والخفاف تعرف أيضًا باسم اللاهار.

تدفق الفتات البركانى: سحابة مشتعلة من الغاز والرماد والغبار والصخور والقنابل التى تندفع أسفل الجبل بعد الانفجار البركانى. إذا ما كانت السحابة تحتوى على نسبة غاز أكثر من احتوائها على الرماد فهى تعرف باسم موجة الفتات البركانى.

تسونامى: موجة أو سلسلة موجات تحدث عندما تضرب ثورة بركانية أو زلزال قاع المحيط.

التكربن: التحول إلى فحم. المواد التى تحتوى على كربون ستتحول إلى فحم بدلاً من أن تحترق وذلك عندما لا يكون هناك ما يكفى من الأكسجين لها كى تحترق بالطريقة العادية.



فوهة جبل فيزوف إيطاليا

توابع الزلزال: هزات أرضية صغيرة تعقب الزلزال الرئيسى. وقد تحدث على مدى عدة أيام أو أسابيع بعد الهزة الرئيسية.

الجيولوجيا: دراسة تاريخ وتطور قشرة الأرض.

الحمم: الصخور الساخنة المنصهرة التى تنبعث من البركان.

حلقة النار: المنطقة التى تحيط بالمحيط الهادى حيث تقع أغلب الأنشطة الزلزالية والبركانية.

الخامد: يستخدم المصطلح فى وصف البركان الذى لم يكن نشطًا على مدى أكثر من مئات السنين، ولكنه كان نشطًا خلال بضعة الآلاف عام الأخيرة.

الخفاف: صخور بركانية خفيفة الوزن ممتلئة بالحفر التى تكونت من فقاعات الغاز داخل الحمم.

إحدى الفوارات الحارة فى أيسلندا

الرماد والغبار: فى علم البراكين يشير هذان المصطلحان إلى أصغر أجزاء الحمم التى تتكون عندما ينفجر البركان، ويطلق على القطع الصغيرة اسم الرماد، أما الجسيمات الدقيقة الناعمة كالمسحوق فتسمى الغبار.

السدادة: عائق من الصهارة الصلبة فى عنق البركان.

السيزموجرام: التسجيل الذى يدونه السيزموجراف، ويوضح نمط موجات الهزة الناتجة عن الزلزال.

الكشاف

(أ)

الأحجار الكريمة 39
أخدود لاجونيلاس، أمريكا الجنوبية 56
أرسطو 52
الأرض 6، 8، 9، 10، 12، 22، 38، 44، 45، 50، 55، 60، 62
أرميرو، كولومبيا 56، 58، 67
أساما، اليابان 34
أستراليا 11، 35
الأستينوسفير 13
إسكدالميور، أسكتلندا 50
أسيزي، إيطاليا 7
الأطلنطي 11
إفريقيا 10، 24، 50
ألاسكا 7، 11، 35، 46، 57
الألواح التكتونية 8، 9، 10، 11، 12، 13، 14، 22، 24، 25، 47، 64، 70
أليس سبرنجز، أستراليا 35
أمريكا الجنوبية 10، 56
الانجراف القاري 10، 70
إنجلترا 16، 47، 54
إندونيسيا 11، 20، 35، 37، 64، 67
أنكورا، ألاسكا 57
أوبسلا، السويد 55
أوروبا 7، 23، 34، 35، 47
أيسلندا 8، 11، 12، 18، 19، 20، 22، 24، 34، 36، 37، 38، 41، 64، 65، 66، 67، 68
إيطاليا 7، 11، 16، 18، 26، 28، 35، 36، 40، 48، 52، 53، 57، 62، 66، 68، 70

(ب)

باركفيلد، كاليفورنيا 61
باريكوتين، المكسيك 65، 66
البازلت 8، 70
بالميري، لويجي 52، 53
البحر الأحمر 24، 39
بحر قزوين 50
البحيرة الحمضية 21، 38
بحيرة نيوس، الكاميرون 20، 55
البرازيل 39
البراكين الخامدة 6، 14، 26، 36، 38 - 39، 65، 70
البراكين الهامدة 22، 38، 44، 65، 70
بركان أغسطين ، ألاسكا 7
بركان أواهو، هواي 22
بركان بيتون دو لا فورنيز، ريونيون 23، 43، 47
بركان تولباشيك، سيبريا 21
بركان شيران، اليابان 38
بركان كيلاوى، هاواى 22، 23، 40، 43، 65، 67.
بركان لويهي، هاواى 22
بركان ماونالوا، هاواى 22، 65
بركان ماوى، هواى 16، 22
بروبلوف، كارل 28
بريطانيا 16
البقاع الساخنة 11، 12، 22 - 23
بلورات 25، 36،37، 38، 39، 40
بليني 26، 27
بوباكتبتل، المكسيك 62
بوتسولي، إيطاليا 57
بومباى، إيطاليا 11، 16، 26- 29، 30، 31، 32، 33، 41، 47، 61، 66، 68، 70
بوينت - إيه - بيتر، جواديلوب 51
بيرو 57

(ت)

تانج شان، الصين 67
تدفق 9، 29، 30
أه أهـ 19، 40
باهوى هوى 19، 23، 68، 70
الحمم 16، 18، 20، 31،40، 45، 65، 66، 70
الرماد 16، 58
الطين 38، 56، 58، 67، 70
فتات بركاني 14، 16، 31، 32، 64، 70
الكبريت 44
تدفقات فتاتية بركانية 14، 16، 26، 29، 30، 31، 32، 35، 40، 64
تركيا 6، 51
توابع الزلزال 46، 55، 59، 70
توين، مارك 29

(ج)

جابرو 25
جاوة، إندونيسيا 20، 37، 57
جبل إتنا، صقلية 7، 8، 18، 68
جبل إل شيشون، المكسيك 35
جبل إيرباس، القارة القطبية الجنوبية 11، 64
جبل بيليه، مارتينيك 15، 32، 66
جبل بيناتوبو، الفلبين 17، 35، 56، 64، 66، 67
جبل تامبورا، إندونيسيا 35، 64، 66
جبل رينير، الولايات المتحدة 39
جبل سانت هيلنز، الولايات المتحدة 14، 35، 39، 64، 67
جبل فوى ياما، اليابان 6، 57، 63
جبل فيزوف إيطاليا 11، 21، 26 - 31، 35، 40، 41، 47، 53، 60، 62، 63، 66، 68، 70
جبل كاتماى، ألاسكا 35
جبل كراكاتوا، إندونيسيا 35، 57، 64، 66
جبل يونزن، اليابان 42
الجرانيت 8
جراى، توماس 54
جزر ألوشيان 11
جزر فيرو 38
جزيرة ريونيون 11، 23، 43، 47
جزيرة سانت ون، البحر الأحمر 39
جزيرة سيرتسي 20، 41، 66
جنوب إفريقيا 39
جهاز الكشف عن الأشخاص المحاصرين 59
جواتيمالا 13
جواديلوب 51

(ح)

الحديد 9، 19، 33، 38
حسان داج، تركيا 6
حلقة النار 10، 11، 71
حمم أه أهـ 19 ، 40 ، 70
حمم باهوى هوى 19، 22، 23، 40، 68، 70

(خ)

الخفاف، 16، 21، 28، 30، 35، 56، 70

(د)

الدخان 12، 25، 44، 45
دو سانت أكزوبرى أنطوان، 44

(ر)

رايت، فرانك لويد 60
روزنكيست، جارى 14، 15
رويز، كولومبيا 56، 67
ريختر، تشارلز 49

(ز)

زامبيا 50
زانج هنج 52، 54
زلزال أرمينيا 59، 67

(س)

سان فرانسيسكو 7، 46، 57، 60،61 ، 66
سانت بيير، مارتينيك 16، 32 - 33 - 66
سانتوريني، اليونان 19، 39، 66
سكافتار، أيسلندا 24، 34، 66
سكوبي، يوغوسلافيا 46
سكوبيه، يوغوسلافيا 46، 66
سلسلة جبال كاسكيد، الولايات المتحدة 39
سولفاتارا، إيطاليا 26، 36، 39
سومطرة 57
السويد 55
سيباريس، أوجست 33
سيبريا 21
سيزموجراف 48، 49، 50، 52 - 55
سيزموجراف جراى ميلن 54
سيليباريس، لودر 33

(ش)

شينيتج، الصين 66

(ص)

صدع جالاباجوس 25
صدع سان أندرياس 13، 61
صدع وسط المحيط 10، 11، 12، 24، 25، 71
الصدوع 13، 60، 61، 71
صقلية 7، 18، 36
الصهارة 8 - 9، 12، 13، 14، 16، 20، 38، 47، 57، 71

(ط)

طبقة الأوزون 35
طوكيو، اليابان 54، 57، 60، 63، 66

(ع)

عالم البراكين 14، 20، 21، 32، 42 - 43، 48، 66، 69، 71
العقيق 38، 39

(غ)

الغلاف الجوى 6، 14، 16، 34، 35، 38، 44

(ف)

فابريس، بيترو 31، 39
فالباريزو، تشيلي 46
فانكوفر، كندا 14
فرنسا 38
الفلكنة 36
فوار أولد فيثفول الحار 7، 37، 68
الفوارات الحارة 7، 12، 36 - 37، 65، 68، 71
فولتير 47
فوهات البركان 14، 20، 22، 31، 36، 38، 44، 45، 53، 56، 63، 71
فيجنر، ألفريد 10
فيرن، ول 8
فيشرت، إيميل 55
فيلومارينو، إسكانيو 53
فيوريللي، جوزيبي 28، 29

(ق)

قبرص 25

(ك)

كاتال هيوك، تركيا 6
الكاريبي 32، 51
كالديرا 39، 44، 45، 71
كاليفورنيا 49، 61
كامتشاتكا، سيبريا 11، 21
كاميرا الصور الحرارية 58
الكاميرون، إفريقيا 20
كاوا إيدن، جاوة 20، 21
الكبريت 20، 35، 36، 37، 44
كتانيا، صقلية 7
كرافت، كاتيا وموريس 20، 42، 43
كريت، اليونان 39
كندا 14
كوبى، اليابان 64، 67
كولومبيا 56، 58، 67
كيرشر، أثاناسيوس 8
كيمبرلي، جنوب إفريقيا 39
كيوتو، اليابان 11

(ل)

لاكروا، ألفريد 32
لايس، تركيا 51
اللب 8، 9، 71
لشبونة، البرتغال 66
لوبوى، فرنسا 38
لوساكا، زامبيا 50
اللوبيات 16، 26، 29، 71
الليثوسفير 9، 13

(م)

المحيط الهادى 10، 11، 22، 24
المحيط الهندى 11، 23، 35
مخروط 16، 22، 40
المداخن السوداء 24 - 25، 71
مدعشقر 35
المركز السطحى 49، 50، 51، 71
المزدوجة الحرارية 36، 43
المعادن، 19، 25، 37، 38، 43
المعالم المائية الحرارية 36-37، 71
مقياس ريختر 47، 48 - 49، 50، 51، 64، 65، 66، 67، 71
مقياس قوة اللحظة 65
مقياس ميركالي المعدل 48 - 49
المكسيك 35، 59، 66، 68
مناطق الهبوط 12، 13، 14، 71
المنافذ البركانية 36 - 37، 63، 71
منتجات الينابيع الحارة 37
المنفذ 16، 18، 19، 20، 23، 36، 37، 71
موجات التسونامي، 47، 56، 57، 63، 64، 65، 66، 67، 68، 70
موجات الزلازل 50، 51، 55
موجات المد، انظر: موجات التسونامي.
ميركالي، يوسيب 48
ميلن، جون 54

(ن)

نابولي، إيطاليا 16، 21، 26، 31، 36، 57، 60، 62، 68
النافورات النارية 16، 18، 22، 23، 42
النيازك 9، 44، 55
نيكاراجوا 62
نيوزيلندا 36، 37، 65، 68

(هـ)

هاليما أوما أو، هاواى 22
هاميلتون، لورد 21، 31، 39
هاواى 16، 18، 19، 22، 23، 40، 43، 44، 65، 67، 68
الهزات الأرضية 46، 47، 52، 55، 66، 67
الهند 11، 50
هوكوساى، كاتسوشيكا 6، 57
هيركولانيوم، إيطاليا 11، 26، 30- 31، 33، 47، 60، 68
هيماى، أيسلندا 65، 67

(و)

وسادة الحمم 24 - 25، 71
الوشاح 8، 9، 12، 13، 22، 39، 71
الولايات المتحدة 14 - 15، 35، 36، 37، 66، 67، 68، 69
ونستون، ديفيد 14

(ى)

اليابان 6، 7، 11، 34، 36، 37، 42، 49، 54، 56، 57، 60، 61، 63، 64، 65، 67، 68، 69
الينابيع الساخنة 24، 25، 36، 37، 68، 71
يوغوسلافيا 46
اليونان 19، 39

مشاهـدات علميـة

البــراكــين

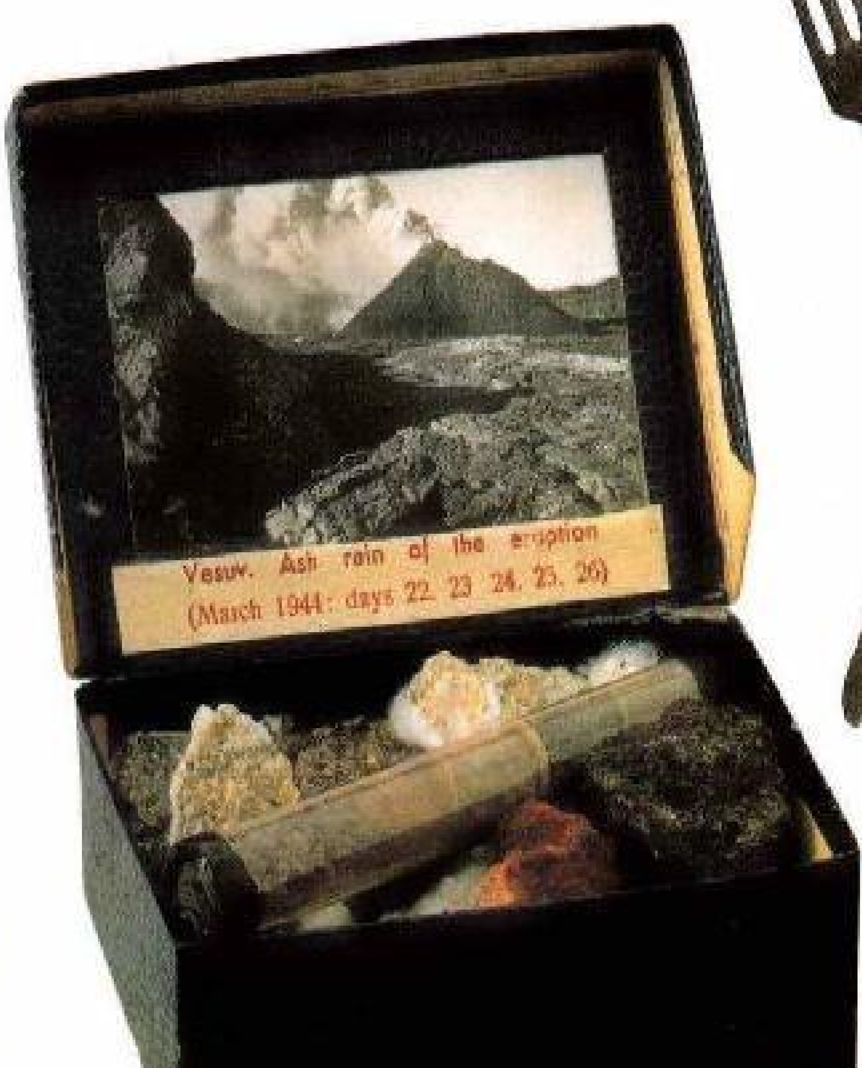
شاهد بنفسك براكين مخيفة تتفجر منها الحمم المنصهرة، وزلازل مدمرة تشق اليابسة، وتقتلع البنايات في لحظة.

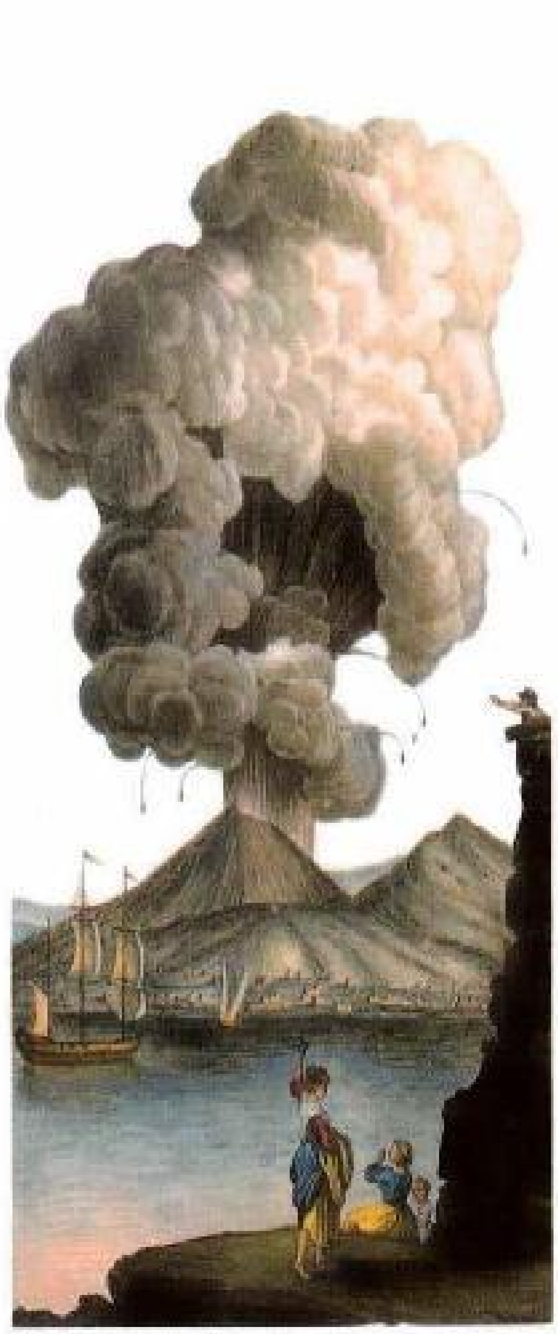
شاهد

قوالب من الجبس لأشخاص قتلتهم الثورة الهائلة لبركان فيزوف

تعلم

كل شيء عن أكثر براكين العالم جذبًا للسياح





اكتشف

كيف يمكن أن تسجل الصخور تاريخ البراكين القديمة